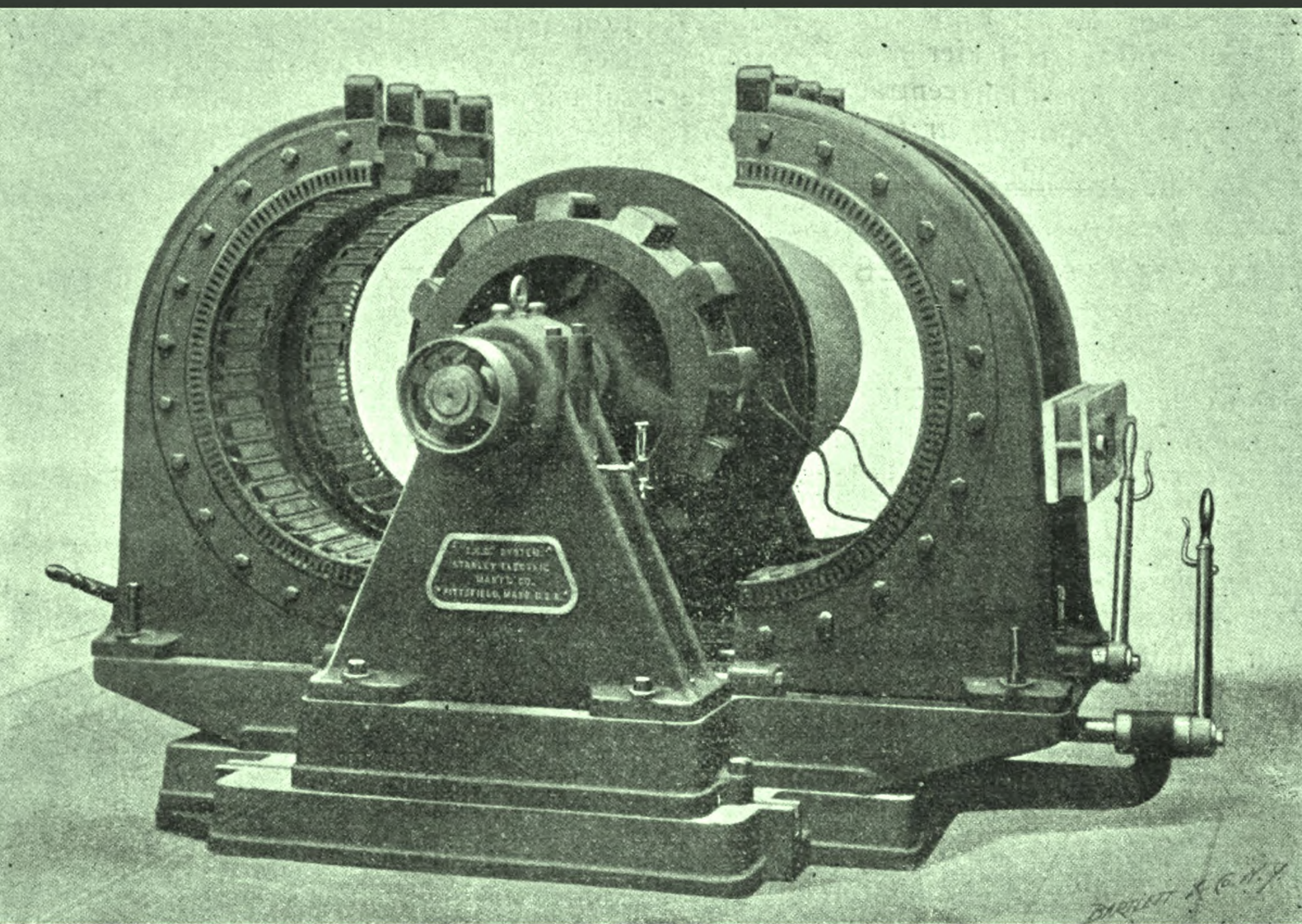
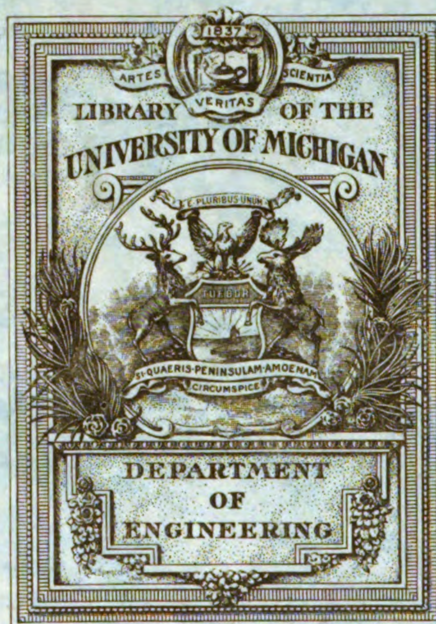


La Lumière électrique


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING



L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ



DIRECTION SCIENTIFIQUE

TOME XVII

4e TRIMESTRE 1898

PARIS

GEORGES CARRÉ ET C. NAUD, ÉDITEURS

3, RUE RACINE, 3

Tome XVII. Samedi 1er Octobre 1898 6e Année. — N° 40.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

L'UTILISATION DES CHUTES DE LA KERKA EN DALMATIE

Sans posséder en Europe des cataractes d'une puissance comparable à celles du Niagara ou de Massena, on a pu néanmoins utiliser des chutes très importantes, comme celle du Rhin près de Schaffouse, celle de Rheinfelden, de 15 000 chevaux, et celles de l'Adda, qui fourniront 16 000 chevaux à Milan, etc.

Le développement rapide des usines électriques est dû au bon marché de l'énergie produite dans ces conditions; ainsi, tandis que le cheval-an revient à environ 300 fr lorsqu'il est produit par la vapeur même dans le cas des grandes puissances; son coût n'est guère supérieur à 100 fr lorsque l'énergie est produite au moyen des chutes d'eau.

Ces exemples encourageants ont fait penser à utiliser les pittoresques chutes de la Kerka, et nous allons donner ici la description du projet de l'ingénieur Giuseppe Sartori.

La Kerka est une rivière qui prend naissance dans les Alpes dinariques; après un parcours tortueux d'environ 60 km à travers une vallée flanquée de montagnes, elle se jette dans la mer à quelques kilomètres de Sebenico. Elle fait avant son embouchure un certain nombre de sauts; le premier est celui de Topolje près de Kinn; vient ensuite la chute de Manojlovaz, puis celle de Ronciislap, près du couvent de Vissovaz; le plus important est la cascade que la Kerka forme près de Scardona, un peu avant d'arriver à la mer; la situation est encore favorisée par ce fait que le canal de décharge est très profond et rend possible l'accès de la cascade même aux bateaux et voiliers de fort tonnage.

Entre Ronciislap et Scardona, la Kerka baigne les contours de l'île de Vissovaz et forme un véritable lac sur une étendue de plus de 10 km avec une profondeur qui dépasse 50 m. La Cikola forme aussi un autre lac qui se déverse dans la Kerka à 1 km environ en amont de la cascade. Ces deux lacs constituent un réservoir naturel, à la suite duquel les rives se resserrent jusqu'à la chute. Celle-ci a une hauteur totale de 42 m, mais entre les deux niveaux extrêmes existent plusieurs terrasses. Le débit minimum qui correspond aux trois mois d'été est de 18 m³; le reste du temps, il est au moins dix fois supérieur, de sorte que la puissance totale de la cascade varie entre 10 000 et 100 000 chevaux.

La seule concession régulière donnée par le gouvernement est celle de la maison Antonio Supuk et fils, de Sebenico. Elle a droit de disposer à toute époque de 25,81 m³ pris à la

suite des moulins établis au-dessus de sa propriété ; le niveau de décharge de ces moulins étant à 30,30 m au-dessus du niveau inférieur la puissance maxima dont dispose la Société est de 10 400 chevaux, et, dans les périodes de sécheresse où le débit n'est que de 18 m³, elle est de 7 272 chevaux, ce qui en comptant 30 p. 100 de perte aux turbines fait encore une puissance minima de 5 090 chevaux.

Les terrains avoisinants sont trop accidentés pour se prêter à l'utilisation sur place de l'énergie électrique, car les établissements industriels ont besoin d'une assez grande étendue. La localité qui convient le mieux à cet effet est Sebenico à cause du voisinage de la mer et du bon marché de la main-d'œuvre. Quant aux industries comme celles du papier, de la laine, etc., qui ont besoin d'eau douce, elles pourront s'établir au voisinage de Scardona.

Il existe actuellement une station centrale qui produit l'énergie nécessaire à l'éclairage de Sebenico, mais on ne pourrait avantageusement l'utiliser en l'agrandissant ; d'autre part elle est solidement établie et possède de grandes machines, il y a donc lieu de la laisser telle qu'elle est et de construire plus bas la nouvelle usine.

Canal de prise et réservoir. — Nous allons nous occuper d'abord du canal de prise et du réservoir d'alimentation.

Nous supposons que les turbines sont capables de développer 12 000 chevaux. En comptant que le coefficient de rendement des turbines est 0,75, la quantité d'eau nécessaire avec les 30 m de chute est donnée par l'égalité

$$\frac{1000 \times Q \times 30}{75} \times 0{,}75 = 12000$$

d'où $Q = 40$ m³.

L'eau est très limpide, il n'y a donc pas à craindre les dépôts de sable ou de galets, et l'on peut donner une pente très forte au canal de façon à obtenir une vitesse de 2 m par seconde. La section du canal doit être alors de 20 m².

Avec une section rectangulaire, si on emploie la formule approchée

$$\frac{b}{a} = 4 + 0{,}075\,A$$

b largeur,
a hauteur,
A section,

en tenant compte de

$$A = ab = 20 \text{ m}^2$$

on a

$$a = 1{,}90 \text{ m}$$
$$b = 10{,}45 \text{ m}.$$

Cette largeur de 10,45 m nécessiterait de faire sauter un volume de roche trop considérable, parce que sur plus de 100 m le niveau de l'eau dans le canal est à une dizaine de mètres au-dessous de la surface du sol. Les dimensions

$$a = 2{,}50$$
$$b = 8$$

diminuent le volume de roche à enlever et laissent encore un écoulement facile.

Il ne semble pas nécessaire de renforcer les parois du canal ; mais il serait bon à cause de sa profondeur, de le couvrir sur les 60 premiers mètres au moins, pour éviter les accidents.

L'entrée du canal (fig. 1 et 2) sera portée à 10 m, et une grille transversale empêchera l'introduction des corps flottants. Il y a avantage à installer là un système de portes, afin de maintenir constante la hauteur de l'eau et de pouvoir dessécher le canal dans le cas de travaux à effectuer.

Les portes, au nombre de trois, manœuvrables de haut en bas, seront en bois solide maintenu par un robuste châssis en fer ; elles ne frotteront pas sur la pierre, mais sur une plaque de bronze.

Les dimensions des portes sont : largeur 2,10 m, hauteur 3 m ; elles pèsent 1 000 kgr. Quand elles sont fermées, elles plongent de

2 m dans l'eau ; par suite, la pression qu'elles supportent chacune est :

$$P = 1\,000 \times 4{,}20 = 4\,200 \text{ kg}.$$

La force à exercer sur l'axe du mécanisme de manœuvre est égale au poids même de la porte plus le frottement contre les montants, soit

$$F = 1\,000 + 0{,}24 \times 4\,200 = 2\,008 \text{ kg}$$

en évaluant à 0,24 le coefficient de frottement.

La manœuvre sera donc lente, mais il n'y a pas lieu pour la faciliter de diminuer la surface des portes, car il faudrait alors élargir l'entrée du canal.

Les piliers intermédiaires sont réunis entre eux et à la rive par des arches qui supportent le mécanisme de levage.

Pour maintenir en bon état le lit du canal, il sera renforcé à l'endroit des portes par une couche de ciment de 50 cm.

Après les portes, le fond va légèrement en pente pour rejoindre le fond du canal, où l'eau en régime normal a une hauteur de 2,50 m, en même temps, la largeur diminue jusqu'à 8 m.

A partir de là, le canal a un développement de 150 m. Calculons la pente nécessaire pour assurer la vitesse de 2 m par seconde, nous appliquerons la formule de Darcy et Bazin,

$$\frac{Ri}{V^2} = \alpha + \frac{\beta}{R},$$

R rayon moyen de la section du canal

$$R = \frac{8 \times 2{,}5}{8 + 2 \times 2{,}5} = \frac{20}{13} = 1{,}54,$$

V vitesse moyenne

$$V = 2 \text{ m}$$

α et β coefficients dépendant de la nature des parois ; ici en supposant la paroi renforcée de ciment

$$\alpha = 0{,}00015$$
$$\beta = 0{,}0000045$$

i pente cherchée.

On déduit de la formule

$$i = 0{,}0004 \text{ m}.$$

Soit 4/10 de millimètre par mètre, c'est-à-dire pour 150 m un dénivellement de 0,060 m.

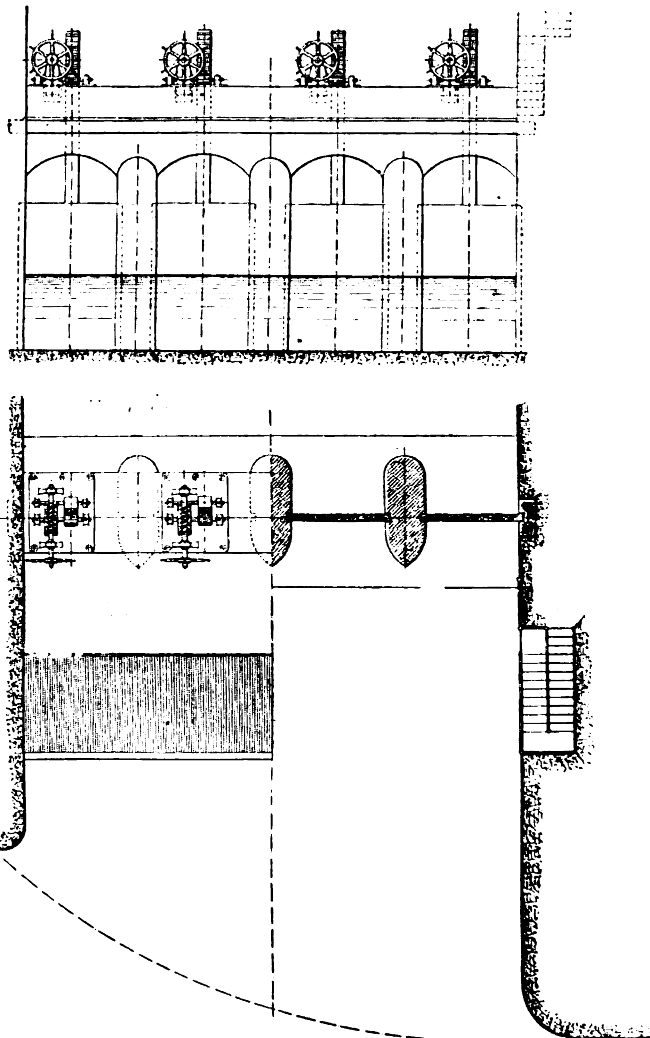


Fig. 1. — Entrée du canal de prise ; élévation transversale et plan.

La régularité de fonctionnement des turbines exige que l'eau à l'entrée des tubes soit au repos et que l'introduction se passe sans mouvements brusques et sans tourbillons. A cet effet, il convient que les turbines soient alimentées par une nappe d'eau tranquille à niveau constant pour assurer l'uniformité de

la vitesse. On obtiendra que l'eau arrive à l'embouchure avec la vitesse minima au moyen d'un bassin d'alimentation aussi grand que possible. Les conditions particulières fixent les dimensions à 15 m de largeur et 5 m de profondeur, la longueur étant propor-

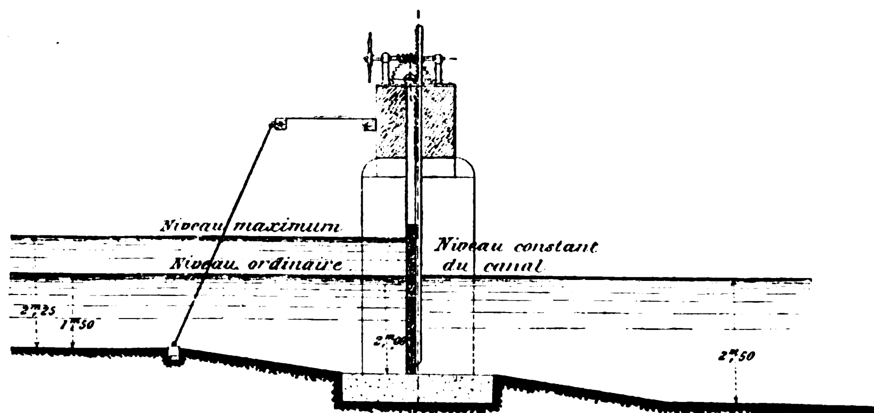


Fig. 2. — Entrée du canal de prise; coupe longitudinale.

tionnée au développement que l'on veut donner à l'usine. Le mur de front du réservoir doit être très solide pour résister à la charge d'eau et maintenir les conduites des

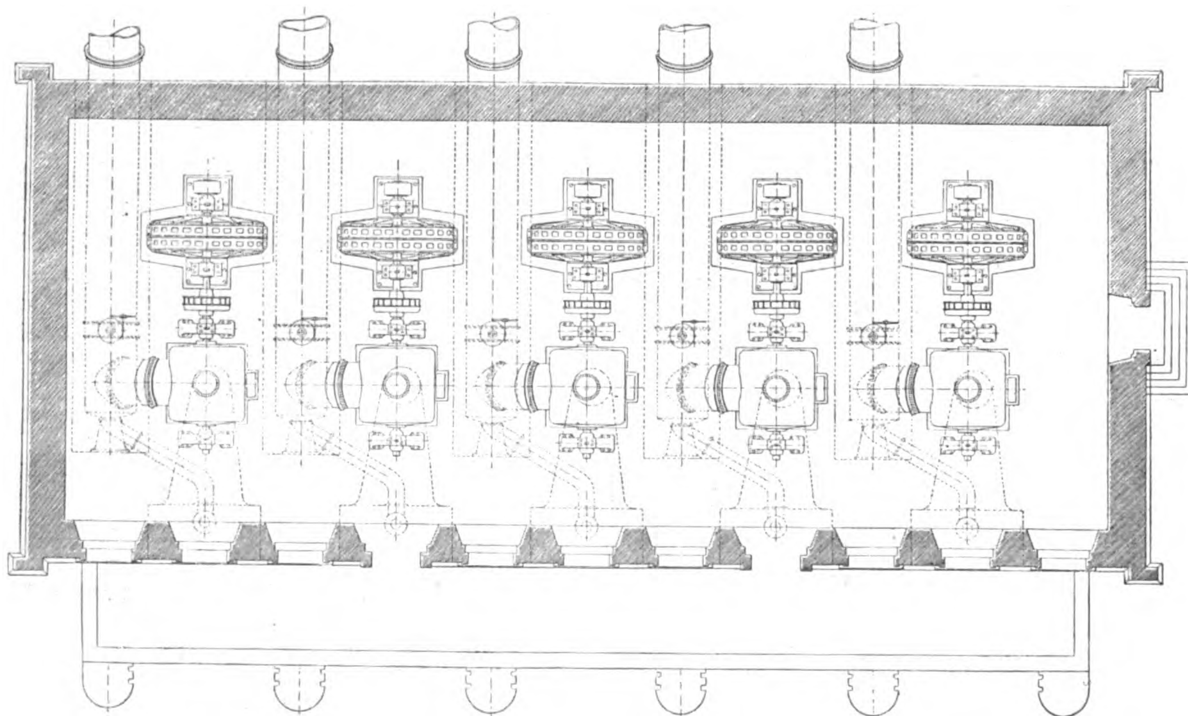


Fig. 3. — Plan de l'usine, turbines et dynamo.

turbines, quoique celles-ci soient aussi soutenues tout le long de leur parcours et bien arrêtées à leur base.

Bâtiment de l'usine. — En prenant les habitations du directeur et des ouvriers dans les fermes avoisinantes, l'usine doit seulement

contenir les groupes de turbines et dynamos. Le projet établi suppose la production de 6 000 chevaux avec facilité d'agrandissement lorsque le besoin s'en fera sentir. Il est nécessaire de faire une construction très solide à cause de l'ébranlement continuel dû aux machines, et aussi parce que le vent souffle avec violence en ces régions.

Le tuf calcaire qui constitue le sol ne peut servir de fondation, mais il est très bon pour recevoir un mur solide sur lequel on élèvera l'usine. En supposant cinq groupes hydro-électriques de 1500 chevaux chacun (afin d'avoir un groupe de réserve), il faut, afin de pouvoir circuler librement autour des machines donner à la salle 16 m de largeur et 41 m de longueur (fig. 3 et 4). Si l'on veut augmenter la puissance, il suffira d'allonger la salle sans toucher à sa largeur. A 8,5 m au-dessus du sol de la salle des machines, les murs qui étaient de 1,50 m sont réduits à 0,75 m d'épaisseur afin de laisser un rebord sur lequel puisse circuler un pont roulant d'une force de 30 tonneaux (fig. 5).

De l'usine on accédera par deux portes à une galerie extérieure reposant sur les murs qui séparent les chambres d'écoulement des turbines, et on pourra descendre sur un plancher inférieur pour la manœuvre des robinets de décharge.

Les grosses conduites qui amènent l'eau du réservoir seront disposées en cave à 4,40 m au-dessous du sol de la salle. Cette disposition proposée par

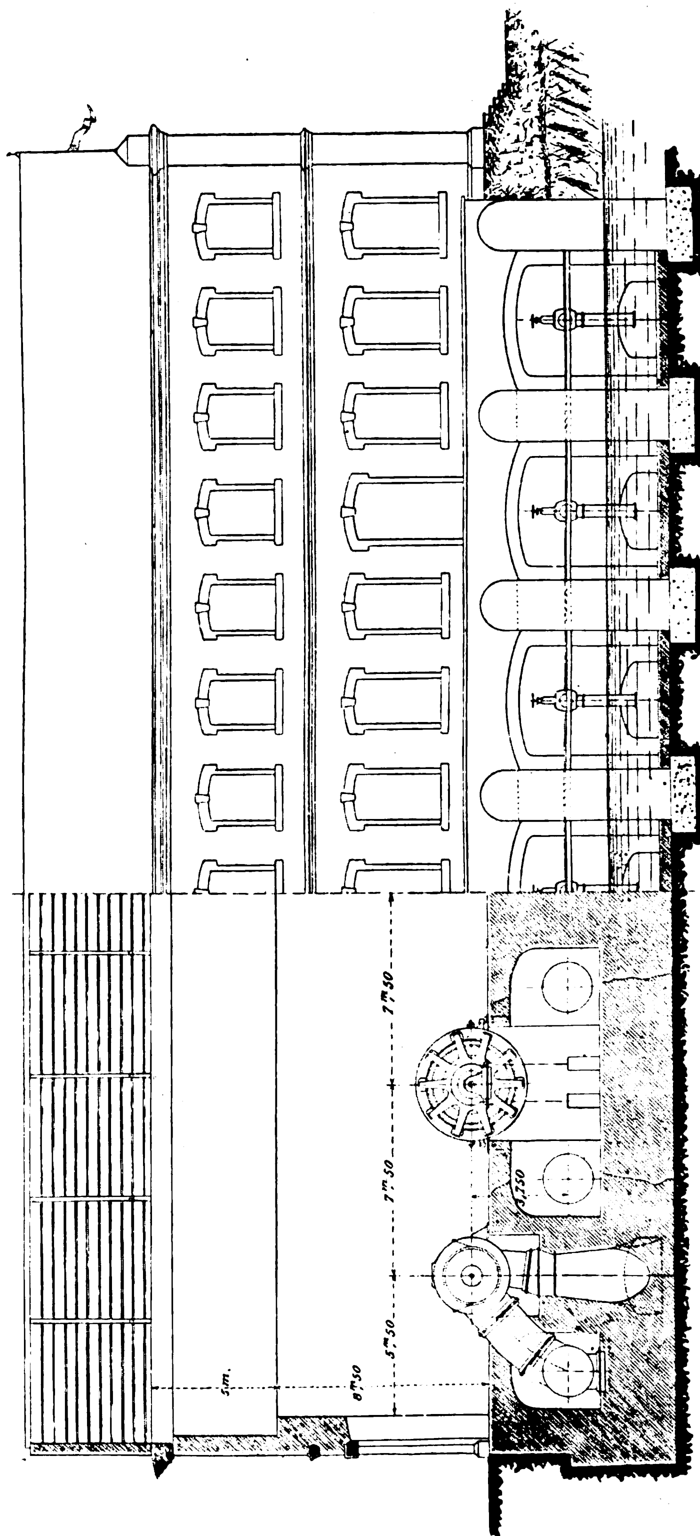


Fig. 4. — Élévation et coupe longitudinale de l'usine.

la maison Riva Monneret et Cie a l'avantage d'éviter le danger d'une inondation en cas de fuite, en ne laissant pas entrer des tubes de grand diamètre jusqu'aux turbines.

Conduites d'amenée de l'eau. — Le point important et délicat des installations à courants alternatifs est le réglage bien uniforme de la vitesse des dynamos et par suite des turbines.

Les turbines prévues sont calculées pour une puissance maxima de 1 700 chevaux; mais à marche normale la puissance ne dépassera pas 1 500 chevaux. Les meilleurs constructeurs parviennent à garantir pour ces grandes puissances un rendement de 80 p. 100

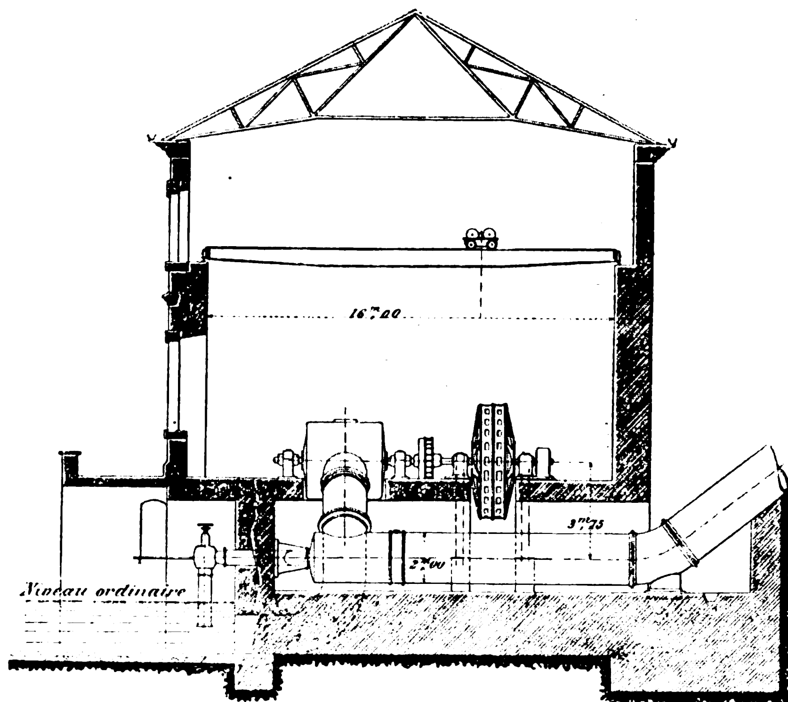


Fig. 5. — Coupe transversale de l'usine. Turbine et dynamo.

et même plus; admettons, pour rester au-dessous, un rendement de 75 p. 100; avec une chute de 30 m, la charge de chaque turbine est donnée par

$$\frac{1\,000\ Q\ 30^{m}}{75} \times 0{,}75 = 1\,500$$

d'où

$$Q = 5\ m^3.$$

Pour un tel volume, il faut, à moins d'employer des conduites d'un énorme diamètre, atteindre une forte vitesse. En choisissant 1,60 m on voit que, en cas d'une brusque surcharge, la puissance atteignant 1 700 chevaux, le volume d'eau nécessaire serait 5,71 m³ et la vitesse 1,80 m, ce qui est encore dans les limites acceptables. On a en effet des exemples où la vitesse a atteint 2,50 m.

Revenant à notre calcul, on voit que la section du tube doit être de 3,14 m², ce qui fait 2 m de diamètre.

Il n'y a pas avantage à employer un tube de section double pour deux groupes, car s'il y a économie de matière première, il y a aussi augmentation des frais pour l'installation; de plus les groupes ne seraient plus indépendants.

Les tubes seront formés d'une cuirasse d'acier dont l'épaisseur se calcule au moyen de la formule suivante, adoptée par les constructeurs.

$$e\ (\text{mm}) = P\ (\text{atmosphères})\ D\ (\text{m}) + 1{,}5\ \text{mm}.$$

La différence des niveaux entre la surface du réservoir et l'axe du tube horizontal qui pénètre sous l'usine est de 28,44 m, ce qui correspond à une pression de 2,75 atmosphères.

Nous compterons 1,5 atmosphère pour la première partie du tube qui descend jusqu'à 15,24 m au-dessous du niveau du réservoir et 3 atmosphères pour le reste du tube. Les épaisseurs de ces deux portions sont alors 4,5 mm et 7,5 mm.

Par prudence on porte l'épaisseur de la première partie, longue de 25,50 m, à 5,5 mm.

L'extrémité de la conduite (fig. 6) qui débouche dans le réservoir est mobile afin de ne pas faire d'opposition à la dilatation; elle peut être fermée au moyen d'une porte manœuvrable du mur même dans lequel sont percées les embouchures des tubes.

Le poids de la conduite est de 20200 kgr à vide et de 150000 kgr pleine d'eau. Elle est posée sur le flanc de la montagne dans une niche circulaire pratiquée à cet effet, et elle est fixée tous les 10 mètres par un mur solide

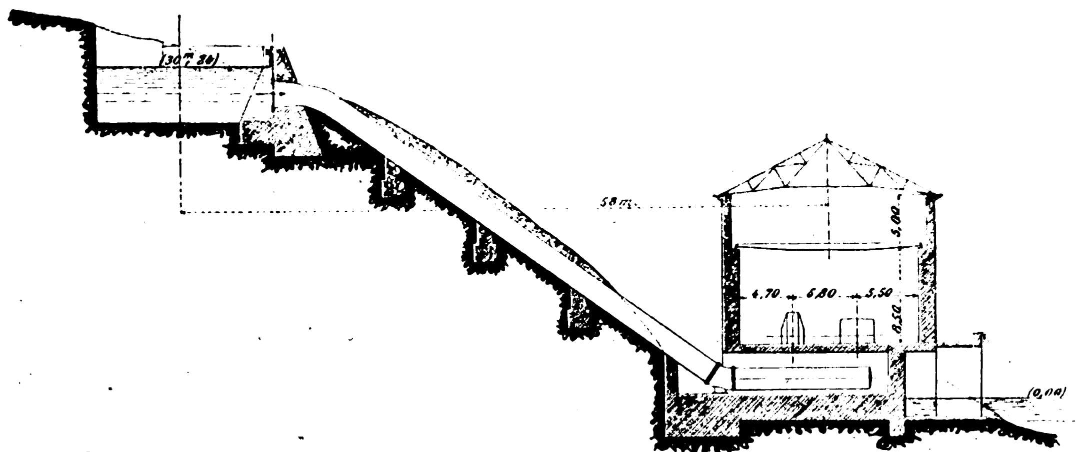


Fig. 6. — Réservoir d'alimentation et conduite de force.

qui soutient en même temps la roche et empêche les glissements. A la base un contrefort maintient la tête du tube.

Chaque conduite est munie à l'extrémité inférieure d'une valve de sûreté à corps de pompe et piston pour éviter une fermeture rapide après un coup de bélier. Au moyen d'un mécanisme à main, cette valve permet de décharger la conduite.

Avant le tronc de tube qui dérive la conduite vers la turbine, se trouve la valve de réglage, manœuvrable par vis sans fin de la salle même des dynamos.

Voyons quelle est la perte de charge due à la longueur de ce même tube depuis le réservoir jusqu'à la turbine en négligeant l'effet des coudes et les extrémités. Cette perte peut se diviser en deux parties: l'une Y_1 correspond au tube incliné, l'autre Y_2 correspond à la région horizontale située au-dessous de l'usine.

$$Y_1 = \beta \zeta \frac{Q^2}{D^5} \qquad Y_2 = L \frac{V^2}{2g}$$

β et ζ sont deux coefficients que l'on prendra ici égaux à 0,0025 et 0,984.

L longueur du tube, 62 m.

Q débit, 5 m³.

D diamètre intérieur, 2 m.

V vitesse par seconde, 1,60 m.

g accélération de la pesanteur, 9,81.

D'où :

$Y_1 = 0{,}121$ m.

$Y_2 = 0{,}127$ m.

La perte totale est 0,248, et la hauteur de chute étant de 30,24 m, il reste comme hauteur utilisée 30 m dans les conditions normales.

***

Moteurs hydrauliques et régulateurs. — La quantité d'eau disponible est bien supérieure à celle qui est nécessaire dans la plus grande partie de l'année, mais pendant les trois mois de l'été elle ne peut donner qu'une puissance limitée; aussi est-il avantageux d'employer des turbines à rendement élevé et dont la régulation aux différentes charges puisse se faire sans grande perte de l'effet utile.

L'accouplement direct du moteur avec la dynamo, peu encombrant et fort commode, peut se faire en employant des moteurs à axe horizontal ou à axe vertical. Les premiers sont préférables à cause de la surveillance aisée, de leur installation moins coûteuse ; de plus, les points d'appui de la partie mobile sont moins délicats. Les turbines à réaction seront préférées ici parce qu'elles permettent d'utiliser la force vive totale de l'eau correspondant à la chute disponible. Mais parmi ces turbines il y a les parallèles, les centrifuges et les centripètes. Dans une turbine parallèle, l'eau se meut suivant l'axe; dans une centrifuge elle se meut radialement de l'intérieur vers l'extérieur de la roue, et c'est l'inverse qui a lieu pour une turbine centripète.

Une turbine parallèle peut prendre une vitesse double de sa vitesse normale si la charge vient à être brusquement supprimée et que l'obturateur reste ouvert. L'accroissement de vitesse est encore plus grand avec une turbine centrifuge, tandis que dans une turbine centripète il est seulement de 30 p. 100. Dans cette dernière, s'il se produit une accélération du moteur à la suite d'une brusque diminution de la charge, la force vive augmente et repousse l'eau contenue dans la roue mobile vers les orifices du distributeur extérieur faisant opposition à l'arrivée de l'eau jusqu'à rétablissement du régime normal ; inversement, si, grâce à une augmentation des résistances passives, le moteur diminue de vitesse, la force centrifuge diminue et l'eau afflue avec plus de force, tendant à rétablir la vitesse normale. La turbine centripète est donc autorégulatrice entre certaines limites; elle a en outre l'avantage de pouvoir être fractionnée sans diminution de rendement.

Le fractionnement d'une turbine est nécessaire quand on veut régulariser la puissance sans abaisser l'effet utile. En diminuant la section du tube d'arrivée au moyen d'une

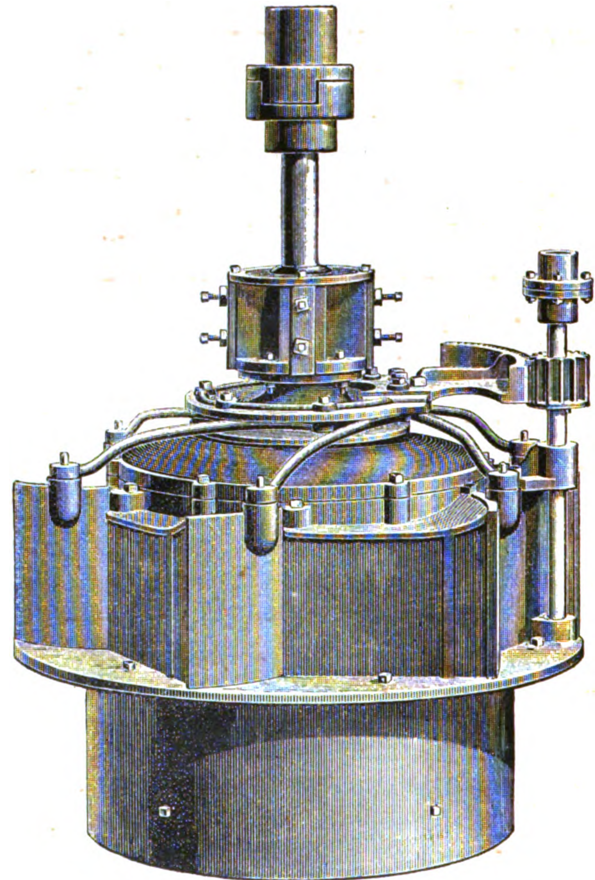


Fig. 7. — Turbine New American.

valve, on diminue la pression et la turbine fonctionne dans des conditions différentes de celles pour lesquelles elle a été construite; le rendement diminue rapidement. Si l'on ferme simplement quelques ouvertures du distributeur on conserve assez bien le rendement, mais la roue est déséquilibrée. En sorte que le meilleur système consiste à diminuer graduellement l'arrivée sur toute la circonférence.

Dans la turbine *New American* (fig. 7 et 8), les palettes du distributeur ont une partie fixe et une partie mobile. Cette dernière tournant autour d'une charnière, ouvre plus ou moins le distributeur et règle l'arrivée de l'eau, tandis que la partie fixe assure une direction constante à la veine liquide. Le mouvement est produit par le déplacement d'un disque relié aux parties mobiles.

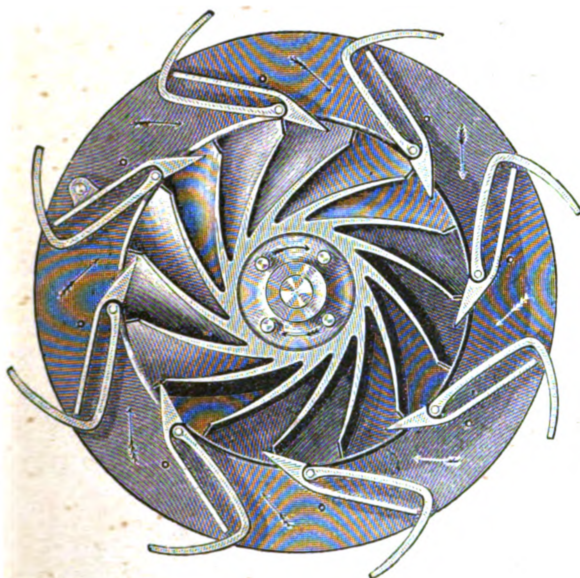


Fig. 8. — Disposition des palettes du distributeur de la turbine New American.

La maison Riva, Monneret et Cie a introduit récemment un perfectionnement notable. Chaque palette du récepteur correspond à une du distributeur. Les palettes de ce dernier ont aussi une partie fixe et une partie mobile. Les parties mobiles sont reliées à une pièce que l'on peut faire tourner par un engrenage, leur courbure assure toujours un parcours régulier à la veine liquide. Tous les orifices sont fractionnés dans la même mesure. Le dessin (fig. 9 et 10) en représente une partie complètement fermée, une partie demi-ouverte et la dernière complètement ouverte.

De plus, pour les grandes puissances, les turbines sont construites par couple, calées sur le même axe, dans une seule chambre, et disposées symétriquement ; on évite ainsi les pressions sur les coussinets, puisque les pressions sur les deux turbines sont égales et de sens contraires.

Occupons-nous maintenant de la puissance à donner aux turbines, nous rappelant qu'en

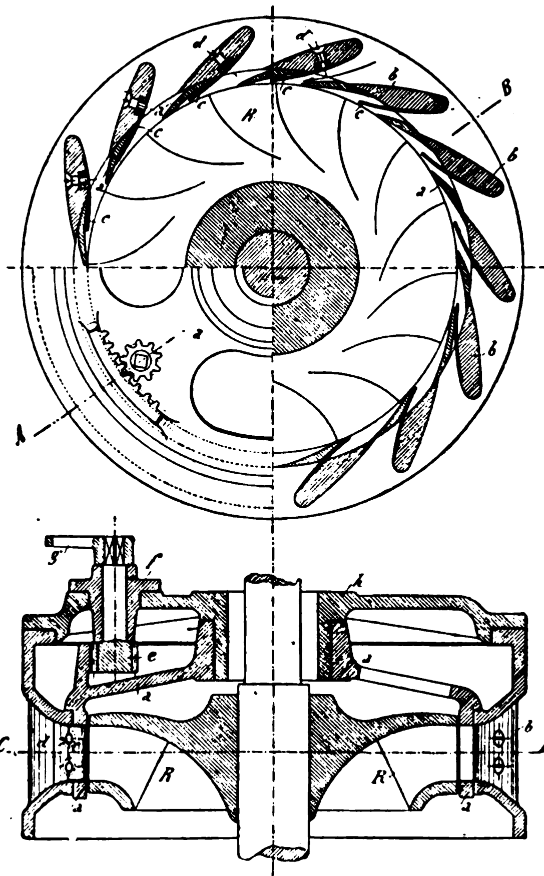


Fig. 9 et 10. — Turbine Riva ; coupes transversale et axiale

régime normal elles doivent fournir 1 500 chevaux chacune. Il y a avantage à employer des turbines dont la puissance maxima soit supérieure à la puissance normale, quoiqu'elles doivent alors marcher toujours fractionnées, ce qui n'est pas la meilleure condition au point de vue de l'effet utile ; mais une turbine ne peut être poussée comme une machine à vapeur ; à ouverture complète, si la charge résistante croît considérablement, la vitesse diminue, et il n'y a pas d'autre moyen que d'augmenter la puissance pour équilibrer la charge. Or, les dynamos peuvent supporter

sans inconvénient de fortes surcharges pendant quelque temps, et elles y sont soumises très souvent par suite des variations dans l'emploi de l'énergie ; il y a donc avantage à avoir des moteurs qui puissent répondre à cette augmentation soudaine.

On sera dans de bonnes conditions en choisissant la puissance maxima égale aux 8/7 de la puissance normale. Ce qui fait, dans le cas présent, 1 700 chevaux.

Les turbines proposées par la maison Riva, Monneret et Cie (fig. 11) sont de 1 700 chevaux et correspondent à la description précédente; la chambre d'eau sous pression en communication avec la conduite a 3 m de diamètre et est formée d'une cuirasse d'acier. La figure 12

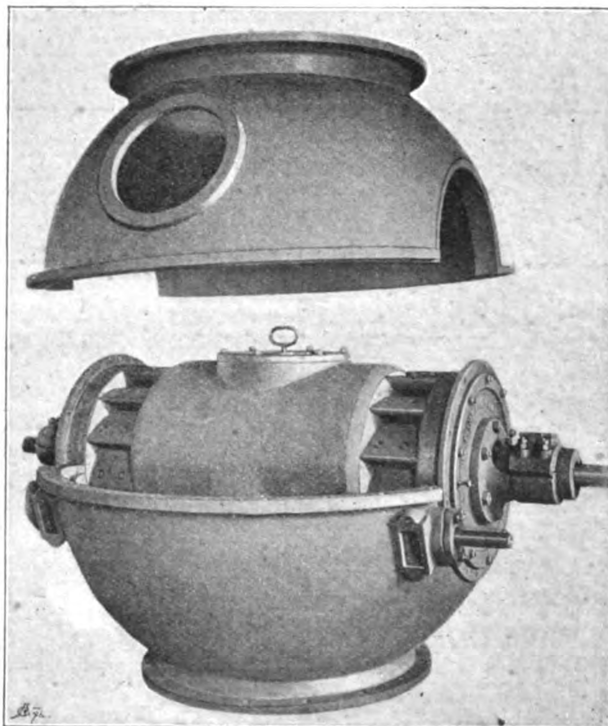


Fig. 11. — Turbine Riva.

qui représente une des turbines à une seule roue mobile de l'établissement hydro-électrique de Bussoline, montre comment s'effectue le mouvement de l'obturateur au moyen d'un servo-moteur hydraulique, commandé par le régulateur. La vitesse est de 240 tours.

La question des régulateurs est des plus importantes. Ils doivent être sensibles et agir rapidement, surtout si les turbines commandent des alternateurs en parallèle. D'autre part, une fermeture trop rapide peut donner lieu aux coups de bélier et l'obturateur d'une turbine présente une résistance considérable.

Il est nécessaire d'intercaler un servo-moteur. Le principe de ces appareils est connu. Nous allons le rappeler.

Deux cylindres R (fig. 13) superposés et de diamètres différents sont parcourus par un double piston PP' qui porte la tige A de commande de l'obturateur. Le piston est évidé intérieurement et dans sa cavité peut se mouvoir à mouvement très doux un autre piston qui suit les mouvements du régulateur.

L'espace O est en communication avec l'eau sous pression et l'espace S communique

avec l'atmosphère. L'espace supérieur Q est en communication avec l'un des deux précédents, suivant la position du piston *dc*.

Lorsque le régulateur élève le piston intérieur, l'ouverture *a* se découvre, Q communique avec l'atmosphère, la pression en O soulève le piston PP′ et par suite déplace l'obturateur dans un sens déterminé. Quand le régulateur s'abaisse, le piston *cd* met *a* en communication avec *b*, l'eau de la conduite se précipite en Q, la pression par unité de surface est la même sur la face inférieure et la face supérieure de PP′, mais cette dernière étant plus grande, le piston s'abaisse et manœuvre l'obturateur en sens inverse du précédent.

La tige M du piston intérieur ne traverse aucune garniture, par suite n'éprouve pas de résistance et obéit au moindre mouvement du régulateur.

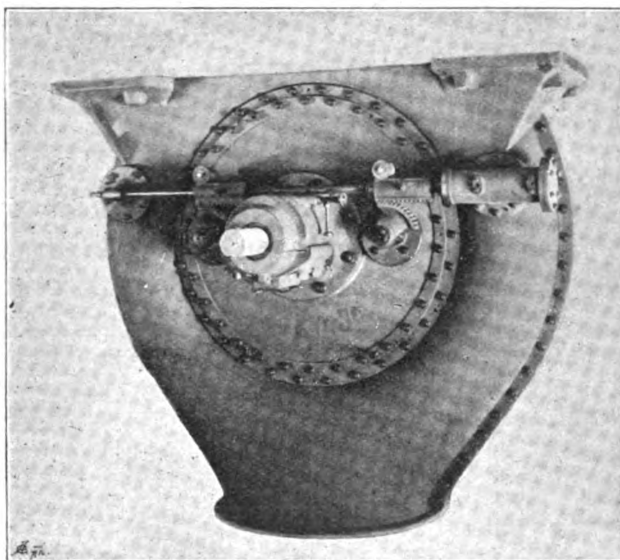


Fig. 12. — Turbine à une seule roue mobile à servo-moteur pour commander l'obturateur.

On emploie quelquefois aussi comme servo-moteur une petite dynamo qui, suivant le sens de sa rotation, met l'obturateur en mouvement dans un sens ou dans l'autre. Ces régulateurs électro-mécaniques sont assez en faveur en Amérique.

Avant de terminer ce sujet il reste à s'occuper de l'accouplement du moteur et de la dynamo.

Les joints employés sont de deux sortes, soit rigides, soit élastiques.

Ces derniers ont sur les premiers l'avantage d'amortir les heurts dans le cas des brusques surcharges et d'adoucir les petites variations de vitesse.

Les joints élastiques sont ou parfaitement élastiques, comme celui de Snyers à petites lames d'acier, ou avec amortissement, tel celui de Raffard à anneaux de caoutchouc. Ces derniers sont préférables quand ils sont robustes parce que le système n'a pas d'oscillations autour de la position d'équilibre.

Avec des dynamos commandées par des turbines, l'importance du joint élastique diminue; parce que le couple moteur est constant ainsi que la résistance s'il s'agit d'alternateurs polyphasés, dont les circuits extérieurs ont des coefficients d'auto-induction égaux et sont également chargés. Il n'y a donc pas à s'occuper des oscillations de la vitesse autour de la valeur moyenne; mais

les brusques variations de surcharge nécessitent tout de même l'emploi du joint élastique.

Le joint Zodel (fig. 14) remplit ce but, il

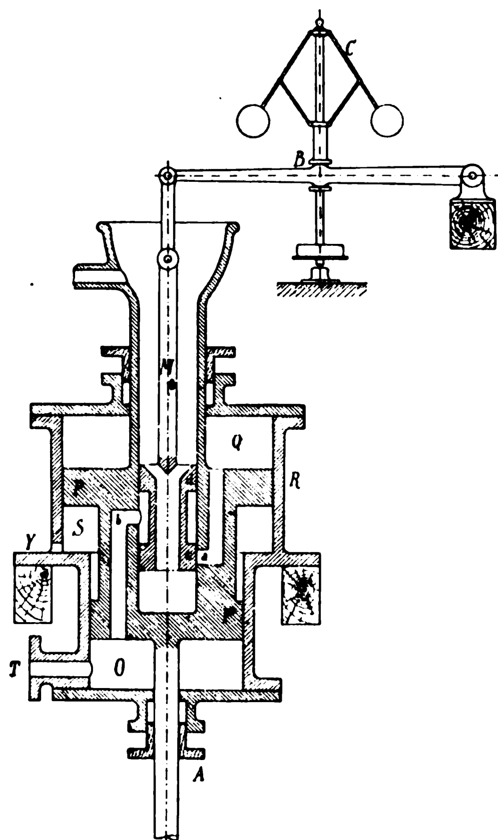


Fig. 13. — Régulateur à servo-moteur.

est simple et peu coûteux. Il est formé de deux pièces coniques dont les bords sont relevés, et contenues l'une à l'intérieur de l'autre. Sur ces bords sont pratiquées des fentes à arêtes arrondies entre lesquelles on passe une bande de coton sans fin. Il fonctionne, comme les joints élastiques d'ailleurs, même lorsque les axes ne sont pas parfaitement cen-

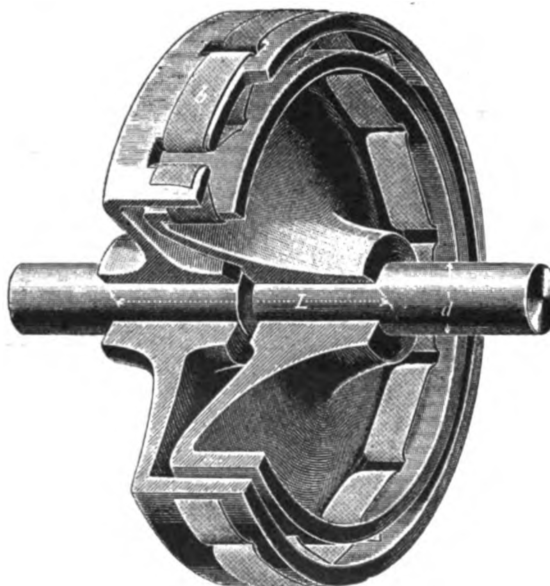


Fig. 14. — Joint Zodel.

trés ; de plus il isole électriquement le moteur et la dynamo.

Telles sont les lignes principales de la partie hydraulique du projet de M. Sartori ; dans un prochain article, nous décrirons la partie électrique.

(*A suivre.*)

Giuseppe Giovaninelli.

LE CONCOURS DE VOITURES DE PLACE AUTOMOBILES

La publication du rapport de M. G. Forestier, président de la Commission du Concours de voitures de place automobiles organisé par l'Automobile Club de France, remet le sujet d'actualité. Nous en profiterons pour compléter les renseignements donnés dans deux articles publiés antérieurement dans ce journal [1].

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 494, 18 juin 1898, et t. XVI, p. 60, 9 juillet 1898. Voir également t. XVI, p. 27, 140, 188 et 453, 2, 23, 30 juillet et 10 septembre les des-

Il peut sembler que ceux-ci sont suffisants et qu'il soit inutile d'allonger la liste des nombreux tableaux donnés par M. Blondin dans son dernier article. Nous ne le pensons pas.

Quand un procédé, de traction ou de toute autre nature, a la prétention de se substituer à un autre, le point capital à envisager est la dépense qu'il occasionne. Les avantages du nouveau procédé par rapport aux anciens ne sont que secondaires et n'en permettent l'application que dans des cas particuliers s'ils sont obtenus au moyen d'une augmentation de dépense. Or sur ce point les renseignements faisaient défaut jusqu'ici pour les automobiles électriques. Les constructeurs indiquaient bien les consommations d'énergie relevées par eux pour un parcours donné, mais, outre que ce parcours était généralement restreint, les conditions dans lesquelles il avait été effectué restaient le plus souvent inconnues. Le rapport de M. Forestier, au contraire nous fournit des chiffres de consommation relevés, avec une absolue impartialité, dans des conditions très variées et parfaitement déterminées qui permettent de calculer les consommations dans toutes les conditions que l'on peut rencontrer. Il importe donc de les signaler.

D'un autre côté l'automobilisme électrique n'en est encore qu'à ses débuts et nous dirions que les véhicules présentés au Concours n'étaient que des voitures d'essai, si cette qualification ne semblait indiquer l'absence d'essais antérieurs prolongés, ce qui n'est pas le cas pour au moins deux des concurrents, M. Janteaud et M. Krieger, qui depuis plusieurs années s'occupent de la question. Dans ces conditions les résultats du Concours devaient nécessairement fournir des indications utiles pour l'avenir. M. Forestier les donne dans son rapport; il est utile de les faire connaître.

Enfin la question peut être envisagée d'un troisième point de vue : quels inconvénients les véhicules à traction mécanique offrent-ils pour les autres véhicules, pour les piétons, en un mot pour la circulation publique ? Le Concours ne donne évidemment pas à ce sujet tous les éléments nécessaires à une discussion complète; néanmoins le fait que 14 voitures ont circulé ensemble, à grande allure, pendant neuf jours, dans les rues les plus fréquentées et les plus accidentées de Paris, est encore unique, et les renseignements qu'il fournit, si incomplets qu'ils soient, sont intéressants. Le rapport de M. Forestier les indique.

Nous suivrons donc le rapporteur dans l'examen de ces trois côtés de la question : le prix de revient, les améliorations qui paraissent devoir être apportées aux automobiles électriques, les mesures à adopter pour sauvegarder les intérêts des tiers.

criptions des automobiles électriques des systèmes de la Compagnie française des voitures électromobiles, Mildé-Mondos, O. Patin, Bouquet-Garcin-Schivre.

Cette série de descriptions des voitures exposées à l'exposition d'automobiles ou ayant pris part au concours sera continuée très prochainement et complétée par la description des voitures automobiles américaines et anglaises.

I. Le prix de revient de la journée d'un fiacre

M. Blondin a indiqué dans ses grandes lignes (t. XVI, p. 70), d'après la communication faite par M. Forestier à la Société des ingénieurs civils, comment ce prix de revient pouvait être déduit des résultats du Concours Le rapport donne beaucoup plus de détails sur ce sujet; nous en extrayons les considérations générales [1] qui le concernent, indispensables pour se rendre compte de la signification des chiffres donnés plus loin.

Nature et durée du travail. — « Le programme du Concours porte que les voitures devront pouvoir effectuer chaque jour 60 km en 16 heures, mais que pour la commodité des commissaires, cette distance sera parcourue aussi rapidement que possible.

» En fait, le parcours a été effectué en

[1] Voir le *Génie Civil*, t. XXXIII, p. 280, 3 septembre 1898.

trois étapes d'à peu près 20 km chacune, séparées : les deux premières, par un repos d'une demi-heure, les deux dernières par une halte d'une heure consacrée au déjeuner.

» Les consommations constatées pendant le concours ne correspondent donc pas à la réalité du service des fiacres.

» Ceux-ci, en effet, ne travaillent que quelques heures effectives sur les 16 heures qu'ils passent sur la voie publique.

» D'après les renseignements recueillis aux sources les plus autorisées.

La durée de sortie de la voiture est de	16 heures
Le nombre de kilomètres parcourus est de.	65 km
Le travail s'effectue en	10 chargem.
La durée moyenne d'un chargement à la course est de. . . .	20 minutes
La durée moyenne d'un chargement à l'heure est de.	1 h. 10 m.

Les 10 chargements par jour se divisent en :
- 4 courses ;
- 6 chargements à l'heure.

Les 16 heures de travail se répartissent en :
- 1 h. 20 pour 4 courses de 20 m. en moyenne ;
- 7 heures pour 6 chargements à l'heure de 1 h. 10 en moyenne ;
- 5 h. 10 en maraude ;
- 2 h. 30 pour repas.

La vitesse du travail est, à la course, de 4 m par 1 km, soit 15 km à l'heure ;

La vitesse du travail est, à l'heure, de 6 m par 1 km, soit 10 km à l'heure ;

La vitesse du travail est, en maraude, de 15 m par 1 km, soit 4 km. à l'heure.

Le parcours en kilomètres est, en nombre rond, de 65 km ainsi répartis :
- 20 km pour 4 courses ;
- 25 » pour 6 chargements à l'heure ;
- 20 » en maraude.

Au point de vue de la vitesse, le travail a donc lieu de la manière suivante :
- 20 km à la vitesse de 15 km à l'heure ;
- 25 » de 10 »
- 20 » de 4 »

Le travail à 15 km à l'heure représente 30,76 p. 100 du travail total ;

Le travail à 10 km à l'heure représente 37,53 p. 100 du travail total ;

Le travail à 4 km à l'heure représente 31,69 p. 100 du travail total

» Un des plus grands avantages que la traction mécanique offrira aux Sociétés de voitures de place sera certainement de leur permettre de reporter leurs remisages ou dépôts en dehors de l'enceinte de Paris, où les terrains sont beaucoup moins chers et où les droits d'octroi sont moins élevés.

» Dès lors, les courses improductives paraîtraient devoir être augmentées de 2,5 km le matin et de 2,5 km le soir ; mais le relayage sera supprimé : dès lors le trajet total restera probablement le même.

» D'un autre côté, avec le système des petites courses à 0,60 fr et 0,80 fr, il y a lieu d'espérer que le temps des voiture automobiles sera mieux utilisé, c'est-à-dire que leur conducteur aura moins d'allées et venues à faire qu'à la recherche du client à 1,50 fr.

» Nous admettrons donc que le travail se répartira de la manière suivante :

- 45 km à l'allure de service ou de 15 km à l'heure en moyenne ;
- 5 km à l'allure de service ou de 10 km à l'heure en moyenne ;
- 20 km à l'allure de maraude de 6 km [1] à l'heure en moyenne.

» Pour les moteurs électriques, cette hypothèse suffit pour déterminer leur consommation d'énergie, puisque cette consommation est nulle pendant les arrêts.

» Pour les moteurs à essence, il faut encore faire une autre supposition.

» En effet, s'il est certain que les brûleurs ne devront jamais être éteints, sauf pendant la durée des repas, on est moins fixé sur ce qui se passera en pratique pour le moteur. Devra-t-il marcher à vide, ou devra-t-il être arrêté lorsque le fiacre sera en station ?

» Avec les habitudes actuelles des fiacres, il faudra toujours que la voiture avance en même temps que celle qui la précède. S'il veut éviter les récriminations des autres cochers peu bienveillants pour l'automobile, le conducteur d'un pareil fiacre devra ou

[1] « Nous expliquerons plus loin pourquoi nous augmentons la vitesse de la maraude ».

conserver son moteur en marche lorsqu'il sera en station, ou se résigner à pousser sa voiture à bras.

» Par suite, nous pensons que pour calculer le prix de revient de la journée d'un fiacre automobile à *essence*, il faut admettre :

» 1° Que les brûleurs resteront allumés(1), sinon pendant les 16 heures de présence sur la voie publique, de 8 heures du matin à minuit, au moins pendant 13 heures et demie déduction faite des repas du conducteur ;

» 2° Que le moteur marchera à vide au moins la moitié du temps qu'il restera en station, et que sa consommation en maraude (2), au pas sera sensiblement la même que marchant à vide, soit pendant 5 heures ;

» 3° Qu'il sera éteint 2 heures et demie, pendant le déjeuner et le dîner du conducteur ;

» 4° Que le moteur marchera à pleine consommation durant 8 h. 40 m, c'est-à-dire pendant le temps nécessaire à effectuer :

45 km à l'allure de 15 km à l'heure, en quatre courses de 20 minutes en moyenne, et en 7 heures utilisées par des clients pour faire des visites d'affaires ou de société avec arrêts plus ou moins prolongés, soit pendant 8 h. 20 minutes.

5 km pour se rendre du dépôt au lieu de travail et *vice versa*, soit pendant 20 minutes.

» De même, pour calculer le prix de revient de la journée d'un fiacre *électrique*, nous admettrons :

1° Que le moteur marchera à pleine consommation pendant le temps nécessaire à effectuer 45 km en quatre courses de 20 minutes en moyenne et en 7 heures de chargements, soit pendant 8 h. 20 minutes ;

2° Que le moteur marchera à la consommation correspondant à la vitesse de 6 km pendant 5 h. 10 minutes, à la recherche des clients, dans les endroits fréquentés;

3° Que le moteur marchera à la vitesse de 10 km pour se rendre du dépôt au centre de ses opérations le matin et *vise versa* le soir, en effectuant 5 km ;

4° Que le moteur restera inutilisé le reste du temps.

» Nous avions d'abord pensé n'avoir à nous occuper que du prix de revient de la journée de fiacre, puisque actuellement le plus grand nombre des voitures sont louées à la journée aux cochers et que le tarif, c'est-à-

(1) « Pour le fiacre à essence, l'allumage électrique semble devoir s'imposer. »

(2) « On trouvera peut-être étonnant que, dans nos calculs, nous donnions une estampille en quelque sorte officielle à la « maraude ». Tout le monde, en effet, proteste généralement contre elle lorsqu'il fait beau ; mais, de même que, bien portant, l'on se rit des médecins, qu'on s'empresse d'envoyer chercher dès qu'on se croit malade, de même lorsqu'une pluie d'orage force à se réfugier sous une porte cochère, on est bien heureux de penser que tous les fiacres ne sont pas arrêtés à une station lointaine, et qu'on pourra héler un « maraudeur » au passage.

» La maraude ne disparaîtra pas, quelles que soient les plaintes des piétons et des automobilistes, parce qu'elle est aussi nécessaire au public qu'utile aux cochers.

» Autrefois, les voitures de place étant exploitées en régie, les cochers devaient, pour permettre le contrôle des propriétaires des fiacres, se rabattre sur une station dès qu'ils ne travaillaient plus. Ceux qui, entre deux chargements dûment enregistrés par les surveillants des stations, pouvaient effectuer une course dont ils empochaient le prix, commettaient un délit; de là le nom de « maraudeur » donné à celui qui, au lieu de rabattre sur la station la plus proche, cherchait à racoler un client au passage.

» Aujourd'hui, le cocher loue sa voiture à tant la journée et travaille pour son compte. Il commence et finit son travail comme bon lui semble; il l'exécute sans surveillance. Par suite, il dépend de son activité à rechercher le client que son travail soit plus ou moins fructueux.

» Il tombe sous le sens que l'on ne peut astreindre à une même réglementation le cocher qui se résigne à attendre nonchalamment que le client vienne le réclamer, par hasard, à une station plus ou moins déserte, et le cocher actif et vigilant qui désire, comme tout bon commerçant, aller offrir sa marchandise là où il espère rencontrer le client.

» Cependant, si la maraude est licite et même nécessaire, il faut bien toutefois reconnaître qu'elle est une des causes les plus sérieuses d'encombrement des voies fréquentées de l'intérieur de Paris.

» A cet égard, il y a lieu de se demander s'il ne serait pas possible d'arriver à la supprimer sur les voies où, comme sur les grands boulevards, les stations sont assez rapprochées pour enlever toute utilité aux fiacres en quête de clients.

» Il semble en tout cas, qu'il devrait être interdit aux fiacres en maraude de marcher deux ou trois de front à une allure qui entrave la circulation des voitures allant dans le même sens; il conviendrait surtout de les empêcher de tourbillonner dans les carrefours, où leurs crochets imprévus constituent le plus grand danger pour les piétons aussi bien que pour les autres véhicules. »

****

dire la recette, reste le même quel que soit le nombre des voyageurs dans certaines limites.

» Cependant, comme on nous fait remarquer qu'il est de plus en plus question des petites courses au-dessous du tarif, il nous a paru bon de faire ressortir le prix de revient de la voiture-kilomètre.

» Du reste, ce prix se déduira facilement du précédent en le divisant par le nombre de kilomètres (45) supposés devoir être effectivement utilisés.

« Nous ferons également ressortir le prix de revient du kilomètre en sus, c'est-à-dire du kilomètre pour lequel, admettant que tous les frais généraux sont payés par les chargements déjà effectués, on n'a à compter que la dépense afférente à l'énergie consommée.

Consommation d'énergie. — « Les éléments nécessaires au calcul de la consommation réelle de l'énergie dans les conditions pratiques que nous venons de faire connaître, résultent des constatations suivantes, faites pendant le Concours :

» 1° *Essence.* — Le matin, avant le départ du coupé n° 12, on constatait le niveau de l'essence dans le réservoir placé sous le siège du conducteur.

» A la rentrée à l'usine, le commissaire notait la quantité d'essence qu'il fallait verser dans le réservoir pour obtenir le niveau constaté avant le départ. On avait ainsi la consommation du moteur pendant le service en pleine vitesse, car, pendant les deux haltes, le moteur était éteint.

» Pour déterminer la quantité d'essence consommée par les brûleurs, dont le réservoir était distinct, on a, le 8 juin, procédé à un essai de deux heures à l'usine. On a ainsi constaté ce que les brûleurs consommaient en une heure.

» Le même jour, on a également fait marcher le moteur à vide pendant deux heures. Sa consommation, soigneusement notée par M. le commissaire Bardy, a permis de constater ce qu'il faudrait compter pour la dépense de la marche à vide en station.

» 2° *Electricité.* — Outre les relevés fort intéressants de l'énergie consommée pendant les essais, à différentes vitesses en palier et en rampe, par la lecture des ampèremètres et des voltmètres dont chaque voiture du concours était munie, il a été tenu tous les jours à l'usine un compte très exact de l'énergie électrique fournie à chaque voiture pour compenser ce qu'elle avait dépensé dans la journée.

» Evidemment ces consommations journalières prises isolément n'ont pas grande signification.

» En effet, on ne connaissait pas la quantité totale d'énergie électrique contenue dans les accumulateurs de chaque voiture à son arrivée au concours.

» D'un autre côté, diverses causes ont empêché, à certains jours, quelques concurrents de restituer exactement chaque soir aux accumulateurs la quantité d'énergie consommée.

» Seule la somme de toutes les quantités fournies peut donner un renseignement sérieux ; mais à la condition cependant que chaque journée ait été consacrée à des épreuves à peu près identiques. Or, il n'en a pas été ainsi tous les jours.

» Les 1er et 11 juin, les parcours n'ont en rien ressemblé à ceux des jours intermédiaires. D'un autre côté, le 10 juin, certains véhicules ont procédé à des expériences dites d'épuisement, pour établir le nombre total de kilomètres que permettait d'effectuer à la rigueur l'énergie totale emmagasinée dans leurs accumulateurs. Quelques-uns sont rentrés tellement tard à l'usine qu'ils n'ont pu certainement restituer entièrement à leurs accumulateurs toute l'énergie consommée dans ces expériences [1].

[1] « Ces expériences ont été trouvées très intéressantes par les personnes qui attachent surtout de l'importance à la voiture électrique pour châtelains ou touristes. Quant à nous, nous les considérons comme une des meilleures preuves que les concurrents avaient quelque peu perdu de vue le but du Concours, c'est-à-dire les exigences spéciales du service des voitures de place automobiles dans Paris. »

» Dans ces conditions, nous estimons que pour retirer des constatations faites à l'usine une notion précise de la consommation en énergie électrique des divers véhicules, il ne faut considérer que les quantités d'énergie fournie les 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 9 juin.

» Elles nous permettront de déterminer la consommation moyenne de chaque voiture-kilomètre correspondant à la vitesse de service, de même la consommation de la voiture-kilomètre en sus. Les éléments nécessaires au calcul de la consommation d'énergie pendant la maraude et pendant les allées et venues du dépôt au centre de travail et *vice versa*, nous seront donnés par les constatations faites par les commissaires pendant les essais à différentes vitesses en palier.

» Toutefois le calcul de la consommation d'énergie correspondant à ces particularités du service des fiacres exige une certaine hypothèse que voici :

» Nous avons : d'une part, la quantité d'électricité fournie à l'usine par voiture-kilomètre; de l'autre la quantité d'électricité consommée en palier par voiture-kilomètre d'après les relevés des ampèremètres et voltmètres par les commissaires pendant les essais.

» Nous remarquerons de suite qu'il existe entre ces deux quantités un rapport qui est variable pour chaque voiture. Il dépend évidemment du rendement des accumulateurs [1] et celui du moteur, mais aussi de la manière dont le conducteur a su manœuvrer son combinateur, de façon à éviter les démarrages inutiles, ou imprimer à son véhicule la vitesse qui correspondait au maximum de rendement d'après les déclivités.

» Pour déduire des consommations constatées aux différentes vitesses, pendant les essais en palier, la fourniture d'énergie électrique correspondant à ces mêmes vitesses en service, nous avons admis qu'il suffirait de multiplier les premières par le rapport trouvé ci-dessus.

» Pour une évaluation approximative de la dépense d'énergie en maraude et l'allure lente de la voiture regagnant son dépôt, nous croyons que cette supposition est admissible.

(1) « Comme tous les accumulateurs provenaient de la même maison, nous avons éliminé cette cause de variation en admettant un même rendement (75 p. 100) pour toutes les voitures et alors nous avons obtenu de nouveaux rapports entre l'énergie consommée par chaque voiture-kilomètre en service et en essai. »

Entretien. — « La consommation d'énergie et la conduite de la voiture automobile ne sont pas les seules dépenses dont nous avons à tenir compte. Le prix de revient de la journée comprend aussi l'entretien des pneumatiques et du moteur, des accumulateurs et du véhicule proprement dit.

» Les pneumatiques nous paraissent indispensables à la voiture automobile, que son moteur soit à essence ou électrique, non pour le confortable du voyageur [1], mais pour le bon fonctionnement et la conservation du moteur et des accumulateurs.

» Dans l'état actuel, on ne peut guère compter moins de 2 francs par jour de service pour leur entretien [2].

» Pour les moteurs, il y a lieu de distinguer entre ceux à essence, c'est-à-dire à mouvement alternatif par explosion, et ceux électriques, c'est-à-dire à mouvement rotatif à peu près uniforme.

» Dans les premiers, tous les organes fatiguent évidemment beaucoup plus que dans les seconds.

» Pour tous, les renseignements précis manquent au sujet des dépenses journalières qu'entraîne leur entretien normal, c'est-à-dire le remplacement des pièces usées par le jeu régulier des organes.

(1) « Autrement nous devrions en faire intervenir la dépense d'entretien dans le prix de revient de la journée du fiacre à traction animale. »

(2) « Peut-être pourrait-on diminuer cette dépense en n'adoptant des pneus que pour les roues motrices et en employant des pleins pour les autres roues. Un concurrent avait adopté cette solution pour une de ses voitures. Les inquiétudes que, pendant un jour pluvieux, il manifestait au sujet des dérapages possibles de cette voiture, suffisent pour nous empêcher de conseiller cette économie. »

» A prendre à la lettre les chiffres indiqués dans le compte rendu des essais des voitures de livraison, à essence, des grands magasins du Louvre et du Printemps, ces dépenses seraient très élevées; mais si on remarque qu'elles comprennent des transformations exigées par le service des Mines, on arrive à espérer qu'après quelque temps de service, elles ne dépasseront pas 3 francs par jour.

» Pour les moteurs électriques, nous ne croyons pas que la dépense puisse s'élever au tiers de la précédente, soit 1 fr par jour. Voici pourquoi :

» On connaît aujourd'hui, avec assez d'approximation, la dépense d'entretien des moteurs électriques pour tramways. Elle est d'environ 20 p. 100 de leur prix d'achat.

» Or, le moteur électrique d'un fiacre, avec toutes ses transmissions, ne coûtera pas 1 000 fr lorsqu'on le construira industriellement par centaines à la fois.

» La dépense d'entretien, d'après la proportion des tramways, serait donc de 200 fr par an.

» Nous la porterons cependant à 365 fr, pour tenir compte de ce que, malgré les pneus, les trépidations seront toujours plus fortes sur les fiacres, et aussi de ce que, pendant au moins les premiers temps, le moteur coûtera certainement plus de 1 000 fr.

» Pour les fiacres à moteur électrique, il faut en outre tenir compte de l'entretien des accumulateurs, qui comprend le renouvellement progressif des plaques fatiguées. Il varie avec leur mode de confection et les variations de régime en service.

» L'expérience des tramways électriques qui, dans l'intérieur de Paris où le conducteur aérien est interdit, sont obligés d'utiliser les accumulateurs, est aujourd'hui assez longue pour qu'on soit à peu près fixé sur le prix de leur entretien : mais ces accumulateurs à base de plomb sont trop lourds pour être adoptés sur les fiacres.

» Pour ceux-ci, où la rapidité de charge n'est pas indispensable, il faut des accumulateurs à grande capacité, sous un poids relativement faible. Jusqu'à ce jour, les accumulateurs à oxyde rapporté jouissent seuls de cette propriété.

» L'expérience ne s'est pas encore prononcée, et nul ne peut dire exactement ce que coûtera l'entretien de pareils accumulateurs, en service sur des voitures de place, dans une ville comme Paris.

On a cité le prix de 2,50 fr alloué pour l'entretien des accumulateurs des fiacres électriques à Londres; mais, outre que ces accumulateurs sont un peu lourds et ne semblent pas avoir une capacité suffisante, on prétend que la Compagnie contractante est loin de trouver ce prix rémunérateur pour elle.

» Nous basant sur des propositions sérieuses faites à divers concurrents, nous compterons 4 fr par charge et pour un poids d'accumulateurs (genre Fulmen) de 450 kg.

Dépenses diverses. — » Evidemment, toutes ces dépenses ne représentent pas les charges journalières d'un fiacre en service dans Paris.

» Pour s'en convaincre, il n'y a qu'à se reporter au rapport que chaque année le Conseil d'administration de la Compagnie générale des voitures à Paris remet à ses actionnaires.

» On y voit qu'actuellement le prix de revient de la journée d'un fiacre à traction animale peut, après modification de certains chiffres à raison des conditions spéciales à cette Compagnie, être fixé à :

Dépenses d'administration et diverses	0,82 fr
Accidents et avaries	0,34 »
Loyer des dépôts et entretien des bâtiments	1,02 »
Personnel : palefreniers, laveurs, etc	0,94 »
Cochers	5,37 »
Taxes et impôts	2,42 »
Cavalerie	5,68 »
Matériel	2,67 »
Total	19,26 fr [1]

[1] Dans un précédent article, t. XVI, p. 70, M. Blondin indiquait un total de 19.37 fr. La différence de 11 centimes

» Les dépenses d'administration et diverses ne semblent pas pouvoir varier avec la transformation de la traction.

» De même pour les accidents et avaries, malgré ce que quelques personnes peuvent appréhender d'après tout le bruit fait en ce moment au sujet des prétendus dangers de l'automobilisme.

» Au contraire, le loyer des dépôts 0,89 fr et l'entretien des bâtiments 0,13 fr, soit en tout 1,02 fr, subiront une certaine diminution.

« Non seulement, même en y comprenant l'usine électrique et les halls de charge des accumulateurs, la voiture automobile occupera beaucoup moins de place que la voiture à traction animale, avec ses trois chevaux et demi et les approvisionnements correspondants, mais, de plus, les dépôts pourront être reportés en dehors de Paris, où les terrains ont une valeur bien moindre.



Fig. 1. — Coupé Peugeot à essence (n° 12).

» On ne saurait non plus comparer l'entretien d'une écurie et de ses annexes à celui de simples halls de remisage des voitures et de charge des accumulateurs.

» Nous compterons, de ce chef, une économie de 0,51 fr.

» Les frais de personnel semblent devoir diminuer, car les 0,94 fr comprennent 0,42 fr pour les palefreniers et 0,34 pour les laveurs (¹).

» Pour les taxes et impôts, il y a lieu d'espérer une diminution tout au moins sur les droits d'octroi et de douane, qui entrent pour 1,07 fr dans le total de 2,42 fr. On peut craindre, il est vrai, que la Ville de Paris n'augmente le droit de stationnement pour rattraper ce qu'elle perdra sur l'octroi. Cependant la traction mécanique diminuera certainement les frais d'entretien de ses chaussées, les frais de balayage des stations, etc.

» Les 5,68 fr (¹) de cavalerie correspondant

provient de ce que la dépense relative à la cavalerie était évaluée à 5,79 fr au lieu de 5,68, la déduction de la recette de 0,11 fr provenant de la vente des fumiers, et dont il est question plus loin, n'ayant pas été faite.

(¹) « Avec des accumulateurs facilement amovibles, le lavage d'un fiacre automobile ne semble pas devoir être plus coûteux que celui d'un fiacre actuel.

» Quant aux palefreniers, ils disparaîtront et seront remplacés par des ouvriers préposés à la charge ou à l'entretien des accumulateurs. Leur salaire rentrera dès lors dans le prix de revient de l'énergie consommée. »

(¹) « La dépense réelle est de 5,79 fr, mais il y a lieu d'en déduire la recette de 0,11 fr provenant de la vente des fumiers »

à trois chevaux et demi par numéro de fiacre, disparaissent, mais ils sont remplacés par la consommation d'énergie et l'entretien des accumulateurs.

» Les 2,67 fr du matériel seront notablement augmentés, car, à l'entretien de la caisse et des roues, compté 2 fr, viendront s'ajouter l'entretien des pneumatiques, soit 2 fr, et celui du moteur et de ses transmissions, pour lesquels nous compterons : 3 fr avec le moteur à essence et 1,50 fr avec le moteur électrique (¹). »

Calcul du prix de revient. — « En résumé, nous estimons qu'on peut établir comme suit le prix de revient d'un fiacre à traction mécanique (essence et électricité) comparativement avec celui d'un fiacre à traction animale :

	CHEVAL		ESSENCE		ÉLECTRICITÉ	
	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr	Fr
Dépenses d'administration et diverses	0,82		0,82		0,82	
Accidents et avaries	0,34	3,58	0,34	3,16	0,34	3,16
Taxes et impôts	2,42		2		2	
Loyer des dépôts Entretien des bâtiments	1,02	1,02	0,30	0,30	0,51	0,51
Personnel. Cochers	5,37	6,31	5,37	5,71	5,37	5,81
Personnel. Palefreniers	0,94		0,34		0,44	
Matériel. Véhicule	2,67		2		2	
Matériel. Pneus	»	2,67	2	7	2	5
Matériel. Moteur et transmission	»		3		1	
		13,58		16,38		14,48
Entretien des accumulateurs	»		»		»	4
Énergie	5,68	5,68	» (*)		» (*)	
		19,26				

(*) A déterminer d'après les résultats du Concours.

» Si les constatations du concours nous permettent de déterminer, au moins approximativement, la quantité d'énergie consommée par journée de voiture ou par voiture-kilomètre, les conditions toutes spéciales dans lesquelles a fonctionné l'usine provisoire, ne peuvent nous fournir aucun renseignement sur le prix de revient de cette énergie.

» Heureusement, pour cette question, les documents abondent.

» Nous adopterons le prix de 0,12 fr pour le kilowatt-heure fourni aux bornes des accumulateurs que la Compagnie générale des voitures à Paris espère obtenir dans l'usine qu'elle va établir pour la mise en service de 1 000 fiacres électriques (¹).

» Ce prix de revient, notablement inférieur à celui auquel les divers secteurs livrent l'électricité, même aux tramways, ne pourra être obtenu que si chaque voiture dispose d'assez de batteries d'accumulateurs pour que l'une soit en service, pendant que les autres seront disponibles pour être chargées dans les conditions de constance et de continuité de production d'électricité qui seules assureront la marche économique de l'usine.

» Cette dernière considération corrobore donc ce que nous avons dit sur l'absolue nécessité d'avoir, au point de vue du lavage de la voiture, des accumulateurs facilement et économiquement amovibles. »

(¹) « Peut-être eût-il été plus rationnel de mettre l'entretien du moteur et de la transmission avec la dépense d'énergie et l'entretien des accumulateurs en regard de la dépense de la cavalerie. »

(¹) « Nous avons sous les yeux le tarif proposé à la ville de Brive pour la fourniture d'énergie électrique. Les prix en sont notablement inférieurs à celui sur lequel nous tablons. »

PRIX DE REVIENT DE LA VOITURE PEUGEOT. — Les essais de consommations faits sur le fiacre n° 12 (fig. 1) ont fourni les résultats suivants :

1° *Consommation en essence :*

En deux heures, *les brûleurs* ont consommé	0,400	litre
Soit en une heure	0,200	»
En deux heures, *le moteur marchant à vide,* a consommé. . .	2,900	»
Soit en une heure.	1,450	»
Le 9 juin, pour faire l'itinéraire B de 60,100 km, le moteur ayant été éteint pendant la halte et le déjeuner, la consommation du moteur a été de	16,250	»
Soit par voiture-kilomètre, à la vitesse moyenne de 16,2 km : h, une consommation de	0,270	»

2° *Consommation en huile pour graissage.*

En moyenne pour 60 km	0,500	kgr

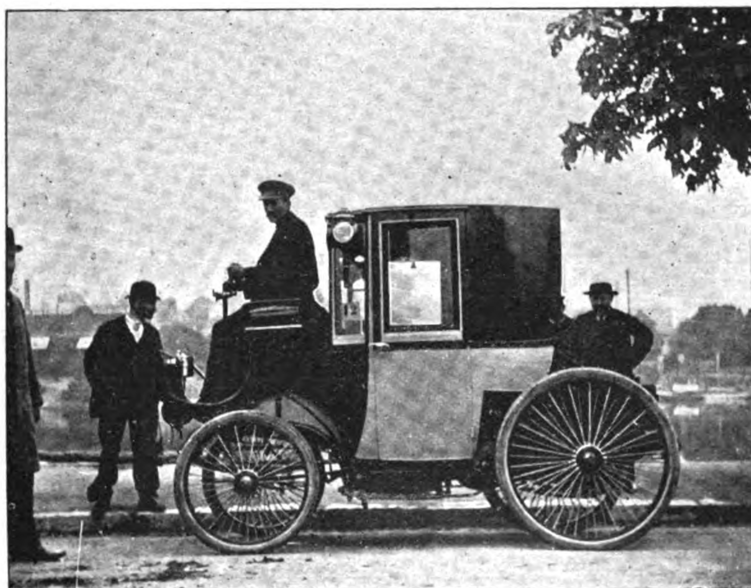


Fig. 2. — Coupé Peugeot à essence (n° 12).

De ces données on déduit, en suivant les indications données plus haut :

Consommation en essence d'une voiture de place.

Moteur et brûleur (45 + 5) 0,270 =	13,500	litres
Brûleur seul pendant 5 h 5 × 0,200 =	1	»
Moteur marchant à vide pendant 2 heures et demie 2,5 × 1,450. .	3,625	»
	18,125	litres

Par suite, en comptant l'essence à 0,75 fr le litre et l'huile de graissage à 0,90 fr, dans Paris, on a pour le

Prix de revient de la journée :

Frais précédemment indiqués . . .	16,38	fr
Essence 18,123 × 0,57 = ...	10,33	»
Huile de graissage 0,6 × 0,90 = . .	0,54	»
	27,25	fr

On en conclut

Prix de revient du kilomètre utile :

27,25 : 45 = 0,605 fr

Prix de revient du kilomètre en sus :

Insignifiant

Le prix de revient de la journée du fiacre à essence est donc considérablement plus élevé que celui du fiacre à chevaux.

PRIX DE REVIENT DES FIACRES ÉLECTRIQUES. — Dans son rapport, M. Forestier établit ce prix pour le fiacre Jenatzy n° 13 (fig. 2), le cab Jeanteaud n° 25 (fig. 3), le landaulet du même constructeur n° 25 (fig. 4, les coupé, victoria et coupé à galerie Krieger n°s 1, 3 et 16 (fig. 5, 6 et 7).

Prix de revient de la voiture-journée

VOITURES	JENATZY	JEANTAUD		KRIEGER		
	N° 13	N° 25	N° 23	N° 1	N° 3	N° 16
Kw : h fournis pendant les essais du 2 au 9 juin	106,11	80,59	97,32	84,62	90,49	89,25
Kilomètres parcourus	479,80	479,80	479,80	479,8	476,4	479,8
Watts-heure fournis par voiture-km (a)	221	167,80	202,80	176	189	186
Watts-heure par voiture-km fournis par les accumulateurs dans l'hypothèse d'un rendement de 0.75	165.75	125,85	152,10	130	132,3	139,5
Watts-heure consommés en palier par voiture-km pour une vitesse aussi rapprochée que possible de la vitesse moyenne sur les itinéraires	132.7	86,20	137.9	123,4	122,8	126,7 [2]
Rapport des deux nombres précédents	1.24	1,34 [1]	1.10	1,05	1,08	1,10
Consommation par voiture-km du départ au lieu de travail et *vice versa* (b)	134.5 × 1,24 = 166.78	70,5 × 1,34 = 94.47	157,4 × 1,10 = 173,14	123,4 × 1,05 = 129,57	122,8 × 1,08 = 132,62	114 × 1,10 = 125,4
Consommation par voiture-km en maraude (c)	134.5 × 1,24 = 166,78	69.51 × 1,34 = 93,13	157,4 × 1,10 = 173.14	123,4 × 1,05 = 129,57	109 × 1,08 = 117,72	114 × 1,10 = 125,4
Fourniture d'énergie par voiture-km pour aller du dépôt au lieu de travail et *vice versa* ($d = b : 0{,}75$)	221,4	126	227,42	*172,76*	*176,8*	*167,2*
Fourniture d'énergie par voiture-km en maraude ($e = c : 0{,}75$)	221.4	124	227,42	*172,76*	*156,9*	*167,2*
Fourniture d'énergie pour un parcours de 45 km ($f = a \times 45$)	9 945	7 551	9 126	7 920		
Fourniture d'énergie pour aller du dépôt au lieu de travail					8 505	8 370
et *vice versa* ($g = d \times 5$)	1 107	630	1 137	*865*	*884*	*836*
Fourniture d'énergie pour la maraude ($h = e \times 15$)	3 321	1 860	3 411	*2 595*	*2 345*	*2 514*
Fourniture totale pour une voiture-journée ($i = f + g + h$)	14 373	10 441	13 664	*11 380*	*11 734*	*11 720*
Dépense pour la fourniture d'énergie ($j = i \times 0{,}00012$)	1,72	1,25	1,64	*1,36*	*1,41*	*1,41*
Dépense de graissage (k)	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Dépense d'entretien des accumulateurs (l)	4	4	4	4	4	4
Frais généraux et faux frais (m)	14.48	14,48	14,48	14,48	14,48	14,48
Prix de revient de la journée ($n = k + l + m$)	20,29	19,82	20,21	*19,93*	*19,98*	*19,98*
Prix du kilomètre utile ($n : 45$)	0,45	0,44	0,45	*0,44*	*0,44*	0,44
Prix du kilomètre en sus ($a \times 0{,}00012$)	0,026	0,021	0,024	0,021	0,022	0,022

(1) La valeur exacte du rapport est 1,46, mais, pour diverses raisons indiquées dans le rapport, la Commission a adopté 1,34.
(2) Approximation.

Les consommations d'énergie électrique mesurées à l'usine, aux bornes des batteries, pendant les journées du 2 au 10 juin, ont été indiquées dans le tableau VIII de la page 68 du précédent article.

En divisant la consommation totale par le nombre de kilomètres parcourus, on a une des données nécessaires au calcul du prix de revient : le nombre de watts-heure fournis par voiture kilomètre chargée. Toutefois, comme pour les raisons indiquées plus haut, M. Forestier n'a pas considéré les consommations relevées le 10 juin, le nombre adopté dans les calculs diffère un peu du précédent; il a été indiqué pour chacune des voitures à la troisième ligne du tableau ci-joint.

Le rendement des accumulateurs étant considéré comme étant égal à 0,75 pour toutes les batteries, le produit du nombre précédent par 0,75 donne le nombre de watts-heure consommés en moyenne par voiture-kilomètre.



Fig. 3. — Coupé Jénatzy (n° 13).

Les essais de consommation en palier du 11 juin, dont les résultats sont donnés par le tableau IV du précédent article, donnent le nombre de watts-heure consommés en palier par voiture kilomètre et à une vitesse rapprochant de la vitesse moyenne pendant le parcours des itinéraires du cours. Le rapport p du nombre précédent a de celui-ci, nécessaire au calcul de la consommation journalière d'une voiture, est alors connu; il est indiqué dans le tableau.

Les lignes suivantes du tableau donnent les résultats partiels du calcul fait d'après ces données; les dernières indiquent les prix de revient de la journée, du kilomètre utile et du kilomètre en sus, l'énergie étant comptée à 0,15 fr le kilowatt-heure [1].

[1] Les chiffres imprimés en italiques dans le tableau, ou ne se trouvent pas dans le Rapport de la Commission, ou diffèrent de ceux qui s'y trouvent. Voici les raisons qui nous ont amené à modifier les chiffres d'un document officiel :

Pour le calcul du prix de revient des voitures Jenatzy et Jeantaud, les divers éléments et données du calcul ont été considérés suivant l'ordre où nous les avons indiqués dans le tableau. Pour le calcul du prix de revient des voitures Krieger la marche a été modifiée. Au lieu de calculer, d'après la consommation par voiture-kilomètre, la quantité d'énergie qu'il faut *fournir* par voiture-kilomètre aux accumulateurs pour le service utile, le parcours du dépôt au lieu de travail et vice versa et la maraude, et d'additionner les produits des nombres ainsi trouvés par les kilomètres parcourus dans les trois cas, on a calculé la *consommation*

On voit par les nombres des dernières lignes du tableau ci-joint que le prix de revient journalier d'un fiacre électrique ne diffère que par quelques centimes du prix de

d'énergie pour ces trois parties du service journalier, on les a additionnées et on en a déduit la *fourniture* d'énergie aux accumulateurs en multipliant cette somme par l'inverse du coefficient de rendement adopté pour ceux-ci. Les deux modes de calcul devraient évidemment conduire aux mêmes chiffres pour la fourniture d'énergie par jour; mais la modification du mode de calcul a amené une erreur que nous croyons devoir relever : le nombre de watts-heure qu'il faut fournir aux accumulateurs par kilomètre de service utile a été confondu avec le nombre de watts-heure consommés par le moteur et a été, par erreur, multiplié par l'inverse du coefficient de rendement pour l'obtention des résultats finaux.

Voici d'ailleurs les calculs du jury :

Si l'on rapproche le nombre de watts-heure fournis en moyenne à l'usine par voiture-kilomètre sur les itinéraires, du nombre de watts-heure consommés par voiture-kilomètre durant les essais en palier, on obtient les résultats consignés dans le tableau ci-dessous et ceux de la page suivante.

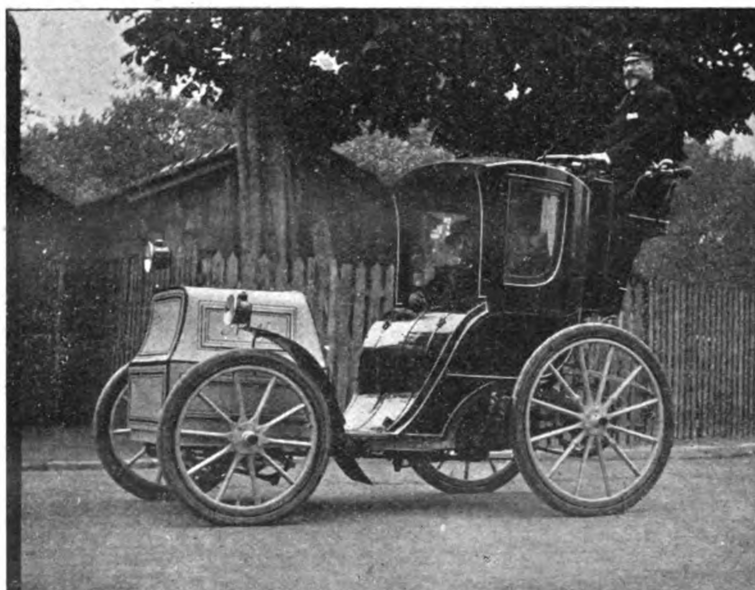


Fig. 4. — Cab Jeantaud (n° 25).

	COUPÉ N° 1	VICTORIA N° 3	COUPÉ N° 16
Watts-heure fournis en moyenne aux bornes par voiture-kilomètre sur les itinéraires à la vitesse moyenne de 13 à 15 km	176	189	186
Watts-heure fournis par les accumulateurs en admettant un rendement de 75 p. 100	130	132,3	139.5
Watts-heure consommés par voiture-kilomètre pendant les essais en palier à une vitesse aussi rapprochée que possible de la vitesse moyenne sur les itinéraires	123,4	122,8	126,7 (¹)
Rapport entre les watts-heure pris aux accumulateurs et les watts-heure consommés dans l'essai en palier	1,05	1,08	1,10

(¹) Approximation.

PRIX DE REVIENT. — *Consommation d'énergie par voiture-kilomètre*

	COUPÉ N° 1			VICTORIA N° 3			COUPÉ N° 16		
	Essai.	Coefficient.	Service.	Essai.	Coefficient.	Service.	Essai.	Coefficient.	Service.
	watts-h.		watts-h.	watts-h.		watts-h.	watts-h.		watts-h.
En service courant	»	»	176	»	»	189	»	»	186
Du dépôt au lieu de travail et *vice versa*	123.4	1,05	129,57	122,8	1,08	132,62	114	1,10	125,4
En maraude . . .	123,4	1,05	129,57	109	1,08	117,72	114	1,10	125,4

Fourniture d'énergie par voiture-journée

	COUPÉ N° 1	VICTORIA N° 3	COUPÉ N° 16
Service utile :	Watts-heure.	Watts-heure.	Watts-heure.
Du dépôt au lieu de travail et *vice versa* . . .	45 × 176 = 7 920 5 × 129,57 = 647,8	45 × 189 = 8 505 5 × 132,62 = 663,1	45 × 186 = 837 5 × 125,4 = 627
En maraude	15 × 129,57 = 1 943,5	15 × 117,72 = 1,765,8	15 × 125,4 = 1 881
Consommation totale par voiture-journ.	10 511,3	10 933,9	10 875
Coefficient	1/0,75	1/0,75	1/0,75
Fourniture totale par voiture-journée en kilowatts-heure.	14,01	14,57	14,50
Prix du kilowatt-heure	0,12	0,12	0,12
Dépense journalière :			
Fourniture d'énergie électrique.	1,68	1,75	1,74
Graissage.	0,09	0,09	0,09
Total.	1,77	1,84	1,83

	COUPÉ N° 1	VICTORIA N° 3	COUPÉ N° 16
Prix de revient de la journée.			
Faux frais et frais généraux	14,48	14,48	14,48
Entretien des accumulateurs	4	4	4
Graissage.	0,09	0,09	0,09
Electricité	1,68	1,75	1,74
Total	**20.25**	**20,32**	**20,31**
Prix de revient du kilomètre utile. (Coefficient 1/45).	**0,450**	**0,451**	**0,450**
Prix de revient du kilomètre en sus.			
Énergie fournie en kilowatts-heure.	0,176	0,189	0,186
Prix du kilowatt-heure	0,12	0,12	0,12
Prix de revient.	**0,0211**	**0,0226**	**0,223**

On remarquera qu'à la première ligne du 3e tableau on a pris pour le coupé n° 1, le nombre 176 (watts-heure par voiture-kilomètre *fournis aux accumulateurs*) et que dans le total de la quatrième ligne, ce nombre est considéré

revient d'un fiacre à chevaux, le service étant le même dans les deux cas. La concurrence est donc possible entre les deux modes de traction par chevaux et par l'électricité [1]. Mais si l'on remarque que le prix de revient du kilomètre parcouru en sus du service ordinaire est insignifiant dans le cas de la traction par l'électricité, l'avantage reste en dernier ressort au fiacre électrique, qui pourra avec une dépense de très peu supérieure à celle d'un fiacre à chevaux, parcourir un plus grand nombre de kilomètres que ce dernier et par conséquent accomplir un service rémunérateur en effectuant, comme le propose le rapport du jury, les petites courses aux prix réduits de 60 ou de 80 centimes.

II. Sur quelques enseignements déduits des résultats du concours.

Comme nous le disions au début, les résultats du concours de fiacres automobiles ne pouvaient manquer de fournir quelques enseignements utiles pour la construction des fiacres futurs. L'épreuve a été de trop courte durée pour que ces enseignements soient complets; néanmoins ils présentent quelque intérêt.

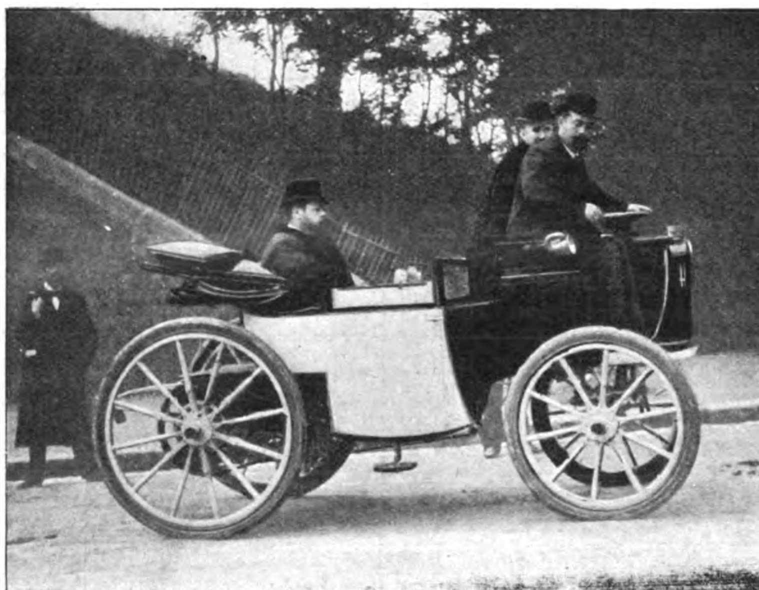


Fig. 5. — Landaulet Ieantaud (n° 23).

Moteurs et combinateurs. — La dépense résultant de la fourniture d'énergie entre pour une part si faible dans le prix de revient de la voiture-journée qu'il semble inutile de chercher à restreindre cette consommation par des perfectionnements apportés aux moteurs.

Cette déduction d'un des résultats les plus importants du concours serait absolument erronée.

C'est qu'en effet la quantité d'énergie élec-

comme représentant la *consommation* du moteur par voiture-kilomètre; par suite de cette erreur les nombres de la sixième ligne du même tableau se trouvent trop élevés du tiers des nombres de la première.

Cette erreur ne modifie d'ailleurs les prix de revient de la voiture-journée que d'une trentaine de centimes, soit de 1,5 p. 100 environ de ce prix de revient.

(1) Une note du Rapport fait observer que les longueurs des itinéraires admises par la Commission diffèrent quelque peu des longueurs cumulées des profils en long de ces itinéraires dressés par le service de la voie publique de la ville de Paris. Le parcours total, au lieu de 540 km, a été de 560 km. La dépense d'énergie par kilomètre est donc de 7 à 8 p. 100 moins élevée que celle qui a été adoptée par la Commission dans ses calculs du prix de revient.

trique consommée par le moteur, si faible qu'elle soit actuellement, est, indirectement, extrêmement coûteuse : les accumulateurs qui la fournissent augmentent considérablement le capital de premier établissement; ils grèvent la dépense journalière de 4 fr pour leur entretien; enfin, en augmentant le poids total du véhicule (¹), ils nécessitent l'emploi de véhicules plus robustes, et par suite plus chers, et accroissent une usure plus rapide des diverses parties de la voiture et en particulier des pneumatiques dont l'entretien est onéreux.

Par conséquent toute diminution dans la quantité d'énergie consommée entraînera, contrairement à ce qu'on pourrait penser tout d'abord, une économie sensible.

Dans quel sens doivent être dirigées les améliorations à apporter aux moteurs pour diminuer leur consommation ?

Le rapport fait observer que les fiacres ayant pris part au concours permettaient de réaliser des vitesses exagérées, admissibles pour une voiture de course, mais incompatibles avec les exigences d'un service public, et que la première amélioration serait de construire des moteurs ayant un maximum de rendement pour les vitesses suivantes (¹) :

6 km : h pour la maraude,

8 km : h en remontant les rampes supérieures à 5 p. 100 qui sont l'exception dans Paris,

12 km : h en remontant les rampes com-



Fig. 6. — Victoria Krieger (nº 3).

(¹) Voir t. XV, p. 62, tableau II, les poids totaux des divers véhicules ayant pris part au Concours et les poids de leurs accumulateurs.

Les nombres de ce tableau montrent que les poids des accumulateurs forment environ les 30 p. 100 des poids totaux.

On pourrait objecter que les poids d'accumulateurs que les constructeurs avaient cru devoir placer sur leurs véhicules étaient trop élevés puisque cinq de ces véhicules ont pu, le 10 juin, après avoir accompli l'itinéraire C de 62 km, comportant l'ascension de la Butte Montmartre, effectuer des parcours supplémentaires de 26 à 45 km.

Le Jury ne partage pas cette manière de voir : « Outre qu'il importe, dit le Rapport, qu'une voiture, qu'elle soit destinée au service de place ou au tourisme, dispose d'assez d'énergie pour pouvoir faire quelques kilomètres de plus qu'il n'est prévu, il est non moins essentiel que la force électromotrice des accumulateurs ne descende pas au-dessous d'un certain nombre de volts, sans quoi la faiblesse de certains éléments peut avoir une influence désastreuse sur la force électromotrice générale de la batterie et, par suite, sur sa capacité en énergie spécifique. »

(¹) Les essais de rendement des moteurs faits le 11 juin ont fourni les résultats indiqués dans le tableau suivant (p. 32).

prises entre 2,5 et 5 p. 100 ou pour aller du dépôt au lieu de travail,

15 km : h en moyenne, dans les rues ordinaires,

20 km : h dans les rues larges et peu encombrées.

Un second renseignement découlant des résultats du concours est que s'il est avantageux au point de vue du prix de revient de construire un modèle de moteur unique, interchangeable, c'est-à-dire pouvant être monté sur des châssis divers, cette pratique est mauvaise au point de vue du rendement du moteur et, par suite, de la consommation : car les charges sous lesquelles le moteur fonctionne, varient avec les poids des véhicules qu'il doit actionner, et le rendement, satisfaisant pour une certaine vitesse et un certain véhicule, peut être déplorable pour la même vitesse mais avec un autre véhicule. On a en effet constaté que certains moteurs interchangeables des fiacres ayant pris part au concours consomment par voiture-kilomètre plus d'énergie spécifique aux faibles puissances, c'est-à-dire à une faible vitesse en palier,

VOITURES	COUPÉ N° 13 (Jénatzy).	COUPÉ N° 16 (Krieger).	CAB N° 25 (Jeantaud).
	p. 100	p. 100	p. 100
En rampe de 82 mm :			
Vitesse 6 km : h .	»	56,60	»
» 7,90 » .	67	»	
» 9,80 » .	»	»	83,70
En palier :			
Vitesse 7,82 km : h.	»	»	87
» 8,50 » .	58	»	»
» 8,80 » .	»	53,60	»
» 16,80 » .	65	»	»
» 16,95 » .	»	»	77,80
» 19,90 » .	»	72,75	»
» 25,70 » .	»	75,70	»

On voit que le rendement du moteur du coupé n° 15 a son rendement maximum pour la vitesse de 25,70 km : h, vitesse qui, d'après les termes du Rapport, ne peut servir qu'à récolter des procès-verbaux, tandis qu'aux faibles vitesses son rendement est trop faible.

qu'aux grandes puissances, c'est-à-dire en rampe ou en grande vitesse en palier.

Enfin une dernière observation est qu'il est désirable que le moteur soit facilement amovible afin qu'en cas d'accident on puisse le remplacer par un moteur semblable et le porter à l'atelier, au lieu d'avoir à effectuer sur place des réparations de fortune.

Quant au combinateur, il doit permettre de réaliser les différentes vitesses indiquées plus haut sans provoquer par lui-même dans le rhéostat de réglage une perte d'énergie électrique sensible. Il faut en outre qu'il soit établi de manière à empêcher un conducteur novice d'imprimer au moteur des à-coups désastreux pour les accumulateurs.

Récupération. — Le combinateur doit-il permettre la récupération dans les pentes ?

La récupération serait sans doute utile, sinon pour la quantité d'électricité qu'elle permettrait de recueillir, au moins comme moyen des plus efficaces de remonter, par dépolarisation, la force électromotrice, qui tend à baisser après quelque temps d'un régime de décharge trop intense ; mais elle offre des inconvénients sérieux pour la conservation des accumulateurs.

Sur les trois concurrents, un, M. Jenatzy, a rendu, de parti pris, la récupération impossible dans le véhicule n° 13 sous couleur de simplifier le combinateur, bien qu'il eût pris antérieurement un brevet pour un dispositif de récupération (¹) ; un autre, M. Jeantaud, sans la prohiber d'une manière aussi absolue, a conseillé à ses conducteurs de ne pas user de la possibilité d'en faire, que donne son combinateur ; enfin, le troisième, M. Krieger, usait fréquemment de la récupération, mais tout au moins un de ses conducteurs, celui du n° 16, en était peu partisan.

Freinage. — Les concurrents semblent d'accord aujourd'hui sur l'absolue nécessité :

(¹) Brevet français, n° 274554, 1er février 1898.

1° D'utiliser le moteur électrique pour obtenir un freinage graduel ;

2° D'avoir pour le service normal un frein désembrayant au préalable le moteur et agissant sur la boîte du différentiel aussi bien en arrière qu'en avant ;

3° De posséder le moyen de freiner directement les roues arrière, soit dans le cas de rupture de la liaison du différentiel et des roues motrices à l'arrière, soit, si les roues motrices sont à l'avant, pour empêcher un tête-à-queue.

TRANSMISSION. — Convient-il de commander les roues motrices par un mode de transmission analogue à celui employé sur les véhicules à moteur à vapeur ou à pétrole, ou convient-il d'adopter une transmission directe ?

La première solution était adoptée par les divers concurrents sauf un, M. Krieger. On pourrait être tenté de faire valoir en sa faveur le fait que la consommation d'énergie par voiture-kilomètre a été moindre pour quelques-uns des véhicules où elle était adoptée, que pour les voitures Krieger. Mais la consommation par voiture-kilomètre dépend de tant de facteurs, autres que le rendement de la transmission, qu'il ne nous paraît pas qu'on puisse tirer de ce fait une conclusion.

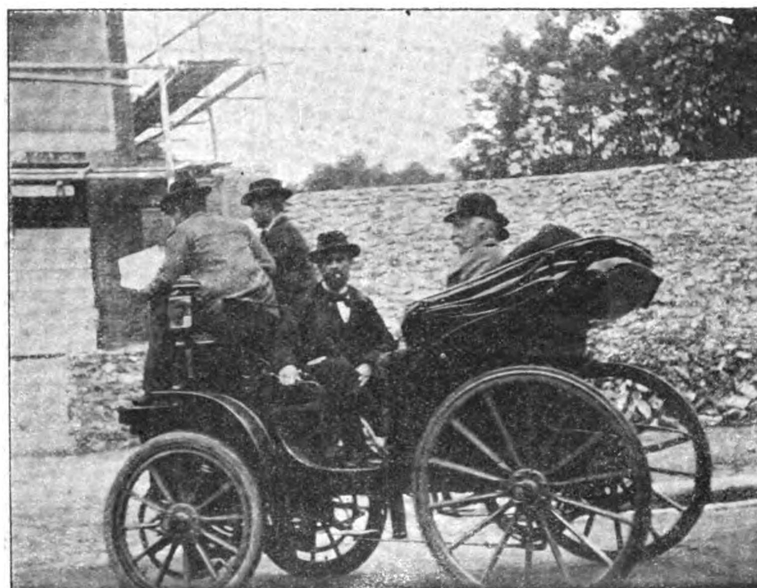


Fig. 7. — Victoria Krieger (n° 3).

Convient-il d'adopter des changements de vitesse mécaniques afin de restreindre les limites de variations de vitesse du moteur ?

La majorité des concurrents a pensé que les changements de vitesse mécaniques étaient inutiles, et M. Jenatzy, qui avait adopté ce dispositif dans la construction du fiacre qu'il présentait au concours, l'a abandonné dans ses nouvelles voitures.

Est-il préférable d'avoir les roues motrices à l'avant ou à l'arrière ?

On sait que c'est la dernière solution qui est généralement adoptée. Cependant deux des concurrents ont présenté des véhicules avec avant-train moteur, dans le but d'éviter des tête-à-queue. Pour ces voitures, les dérapages ont été bien moins accentués que pour les autres ; néanmoins l'une d'elles a fait un tête-à-queue complet de 360°.

L'emploi de l'avant-train moteur ne fait donc pas disparaître les dérapages et les tête-à-queue. Il semble que le mieux serait de

diminuer le poids portant sur l'arrière-train et d'augmenter d'autant le poids sur l'avant-train, de manière que la force vive de celui-ci soit assez grande pour surmonter les résistances momentanées, sans que la vitesse des roues avant devienne sensiblement inférieure à celle des roues arrière, cette infériorité de vitesse momentanée des roues avant étant la cause des dérapages.

Mais si l'avant-train est plus chargé que l'arrière-train, le diamètre des roues avant devra être plus grand que celui des roues arrière, et dès lors il conviendrait peut-être, pour la facilité de la manœuvre, de rendre directeur l'essieu d'arrière plutôt que l'essieu d'avant. Toutefois cette modification ne semble pas pouvoir être adoptée pour des fiacres obligés de former aux stations une file serrée, dont, avec les roues directrices à l'arrière, il leur serait peut-être assez difficile de sortir rapidement.

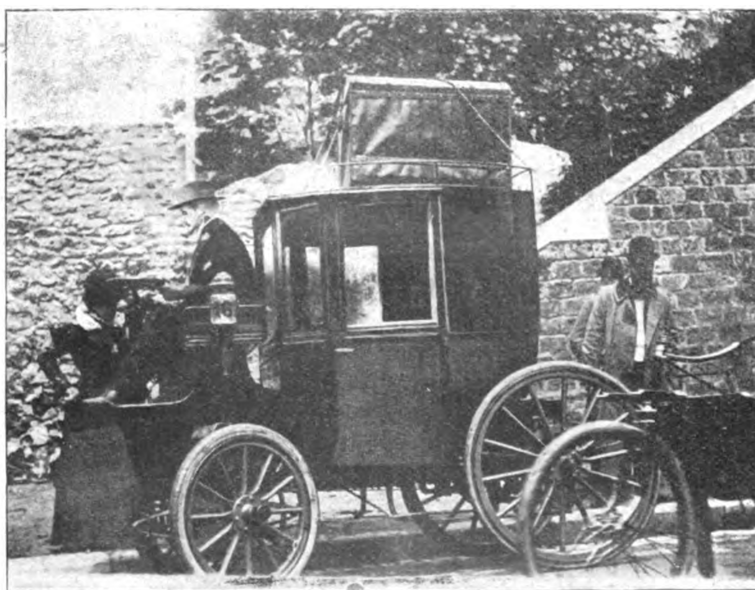


Fig. 8. — Coupé à galerie Krieger (n° 16).

Enfin une dernière question se pose au sujet de la transmission. Conviendrait-il de disposer l'axe du moteur normalement aux essieux, au lieu de le placer parallèlement aux essieux comme on le fait ordinairement? La première disposition, qui est adoptée quelquefois sur les tramways, présente certains avantages ; mais comme c'est la seconde disposition qui était adoptée pour tous les véhicules du concours, le rapport du jury se borne à appeler l'attention des constructeurs sur cette question.

Direction. — Dans quelques véhicules la direction s'obtenait au moyen d'une barre franche agissant presque directement sur les roues directrices; dans d'autres elle s'obtenait par la manœuvre d'un volant agissant sur les roues par une transmission à vis sans fin à grande démultiplication. Le premier dispositif présente l'avantage d'avoir une action plus rapide, ce qui paraît désirable pour un service de fiacres dans les rues encombrées; d'un autre côté, le second dispositif rend insensibles à la main du conducteur les secousses résultant d'une variation brusque de la vitesse d'une des roues directrices par suite d'une variation du coefficient de roulement, ce qui n'est pas à dédaigner lorsque la durée du service est longue.

Les deux systèmes ont donc des avantages et des inconvénients et ni l'un ni l'autre ne

réunit ces deux conditions essentielles de l'automobilisme : rapidité et sûreté de la direction.

ROUES ET BANDAGES. — Les roues doivent-elles être construites en bois avec moyeu métallique comme on les construit ordinairement? Vaut-il mieux adopter des rais et des jantes métalliques? Dans ces cas, les rais doivent-ils être tangents ou radiaux?

Sur tous ces points, ni la théorie ni l'expérience ne permettent encore d'être affirmatif.

Les bandages élastiques sont une nécessité de la voiture automobile. Doivent-ils être pleins ou pneumatiques?

Les premiers coûtent peut être moins cher d'entretien. On les accuse de moins s'opposer aux dérapages.

ACCUMULATEURS. — Les accumulateurs employés par les divers concurrents étant tous du type Fulmen, le concours de fiacres n'a pu fournir de renseignements comparatifs.

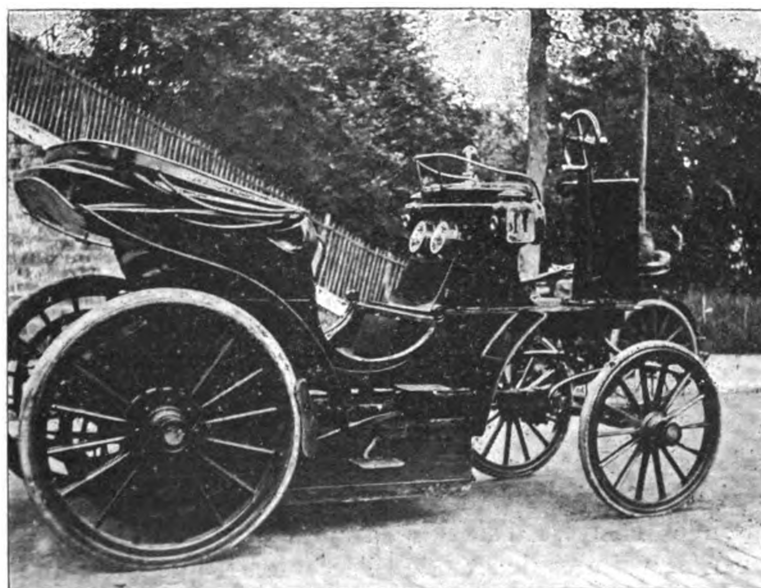


Fig. 9. — Victoria de la Compagnie française des électromobiles (n° 11).

Il a mis toutefois en évidence la nécessité absolue de renoncer aux bacs en celluloïd, trop susceptibles de se carboniser en émettant des vapeurs asphyxiantes au contact du plomb des connexions fondu par les courts circuits, ou même sous des influences bien obscures.

Un autre point établi est qu'il est indispensable, pour la commodité du lavage des voitures et la charge des batteries, de placer les accumulateurs dans des caisses facilement amovibles. Ces caisses doivent-elles être suspendues au-dessous de la voiture comme dans le fiacre de la Compagnie française des électromobiles (fig. 9), ou situées dans des coffres pouvant s'ouvrir latéralement comme dans la plupart des fiacres du concours? La première disposition paraît avantageuse pour la facilité de la manutention : cependant certains constructeurs préfèrent les caisses déplaçables par translation horizontale, appréhendant, pour les accumulateurs à oxyde rapporté, les chocs à peu près inévitables avec les déplacements verticaux.

III. LES MESURES DE SÉCURITÉ.

Les règlements administratifs à intervenir pour assurer la sécurité des autres usagers de

la voie publique devront s'inspirer des indications contenues dans le rapport du jury. Ces indications sont relatives aux vitesses qu'il convient de tolérer et aux signaux qu'il convient d'imposer.

VITESSE. — Au moment où s'effectuait le concours, un récent arrêté de la préfecture de police limitait à 12 km : h la vitesse maximum dans les rues de Paris et à 20 km : h la vitesse sur les routes extra muros. Suivre les prescriptions de l'arrêté c'était ôter au concours sa raison d'être ; il devenait impossible d'établir le prix de revient de la voiture-journée dans les conditions d'un service de fiacres à traction animale, la vitesse de ceux-ci étant généralement de 15 km : h en course. M. Forestier a heureusement pu obtenir que le règlement ne fût pas appliqué aux voitures du concours, et les itinéraires purent être accomplis avec une vitesse *moyenne* d'environ 15 km : h, soit, dans certaines rues, avec une vitesse réelle d'environ 20 km : h.

L'absence d'accidents pendant le concours prouve que cette vitesse de 20 km : h est parfaitement admissible. Elle est d'ailleurs souvent dépassée par les voitures de grande remise qui cependant ne possèdent pas les puissants moyens de freinage des automobiles.

Pour s'assurer par lui-même des conséquences d'une pareille allure, M. Forestier a, pendant les neuf jours du concours, accompli les nombreuses courses qu'il avait à faire à travers Paris, avec une voiture à essence dont l'embrayage était presque constamment maintenu à la position correspondant à une vitesse de 18 km : h. A cette allure, même avec les quelques dérapages provoqués par des chaussées trop grasses, il n'a éprouvé et n'a occasionné aucun accident. En revanche, par certains jours trop humides, il a pu voir des chevaux de fiacre, impuissants à retenir des véhicules sans frein, glisser, littéralement assis, sur certaines parties en pente des boulevards.

La vitesse de 20 km : h paraît donc pouvoir être tolérée sans inconvénients, et dans un projet de réglementation nouvelle de la vitesse des automobiles pour la France entière, la commission nommée à cet effet et dont fait partie M. Forestier, a proposé de limiter la vitesse à 30 km : h en rase campagne et à 20 km : h dans les villes.

SIGNAUX. — Le règlement impose aux automobiles l'emploi de la trompe. M. Forestier pense que « l'horreur pour l'automobilisme, manifestée par le public, vient uniquement *de l'impression nerveuse et désagréable que lui produit le bruit de la trompe* ».

A l'appui de cette assertion il invoque les raisons suivantes :

« Pour le piéton, un pareil signal implique l'ordre de *se ranger au plus vite* soit pour laisser la voie libre à quelqu'un de pressé, soit pour se garer d'un autre véhicule dont le conducteur est impuissant à empêcher un accident.

» L'ordre de laisser la voie libre, le piéton ne l'admet tout au plus que de la part d'un service public : la pompe à incendie ou un tramway ; et encore, dans ce dernier cas, ne l'accepte-t-il que parce qu'il sait n'avoir que bien peu à faire : s'écarter de la voie ferrée.

» Au contraire, de tout autre, il n'entend recevoir aucun ordre.

» Encore moins admet-il qu'il ait à se garer pour éviter un accident.

» Quand un piéton traverse ou longe une chaussée ordinaire, il compte sur la préfecture de police, chargée de veiller à la sécurité, pour imposer aux autres usagers de la voie publique des prescriptions telles que voitures, cyclistes et camionneurs ne l'atteindront pas. Au fond il a raison : tout ce qu'on peut exiger de lui, c'est qu'il suive, sans crochets imprévus, une direction bien nette. Ceux qui le croisent ou le dépassent n'ont qu'à prendre leurs mesures *pour passer à sa gauche*, quitte à ralentir pour s'arrêter à temps si un obstacle imprévu leur ferme la route.

» Tout au plus consent-il à prêter l'oreille aux bruits qui le renseignent sur l'approche de ce qui arrive derrière lui.

» La clochette des chevaux des voitures à pneumatiques est excellente ; son tintement périodique, assez faible pour ne pas être assourdissant, quelque nombreux que soient les véhicules astreints à s'en servir, suffisant pour indiquer par l'augmentation de son intensité l'approche du véhicule, doit servir de type à tous les signaux sonores à imposer aux usagers trop silencieux de la voie publique.

» La trompe, cependant, peut être utile, mais uniquement dans les cas exceptionnels où il est nécessaire de prévenir non pas un piéton ou une voiture qu'on aperçoit, mais un piéton et surtout une voiture qui peut inopinément déboucher à grande vitesse d'une rue transversale dans une rue trop étroite. C'est là le vrai danger; aussi bien, du reste, pour les voitures ordinaires que pour les automobiles. Dans une voie large comme les Champs-Élysées, le boulevard Saint-Germain ou l'avenue de l'Opéra, nous le répétons, l'automobile à grande allure ne présente pas autant de chances d'accident qu'une voiture de maître. »

On voit que, comme nous le disions au début, le concours organisé par l'Automobile-Club de France n'a pas été une vaine manifestation. Il a montré qu'actuellement le fiacre électrique peut lutter au point de vue économique avec le fiacre à chevaux. Il a démontré la nécessité de reviser dans un sens plus large de réglementation prise un peu hâtivement à la suite d'accidents occasionnés par quelques automobiles marchant à une allure véritablement exagérée. Enfin, il a procuré aux constructeurs des données fort importantes.

Ces résultats justifient la décision prise par l'Automobile-Club d'organiser l'an prochain un second concours.

J. Reyval.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Appareil Siemens et Halske pour la détermination des propriétés magnétiques des fers, fontes et aciers ;

Par Hubert Kath [1].

Cet appareil a été étudié et construit en vue d'effectuer rapidement et avec une précision suffisante les déterminations magnétiques qui sont nécessaires pour se rendre compte des qualités des diverses espèces de fer et d'acier employées dans la construction des dynamos, des électro-aimants, des aimants.

Pour le calcul des dynamos la détermination la plus importante est celle de la courbe d'aimantation initiale (le fer étant primitivement à l'état neutre) qui donne les valeurs de l'induction magnétique $\mathfrak{B}$ correspondant aux valeurs croissantes de la force magnétisante $\mathfrak{H}$ et par conséquent la perméabilité.

$$\mu = \frac{\mathfrak{B}}{\mathfrak{H}}$$

du métal. C'est la courbe OAM de la figure 1.

Dans l'application du fer laminé aux machines à courants alternatifs, il est nécessaire de connaître les pertes dues à l'hystérésis. Elles s'obtiennent en traçant la courbe cyclique $MRKM_1R_1K_1M$, l'aire limitée par cette courbe mesurant le travail en ergs

$$A = \frac{1}{4\pi}\int \mathfrak{H} d\mathfrak{B}$$

perdu par cycle.

Quant aux aciers destinés à la confection des aimants permanents, il faut qu'ils pos-

[1] Analyse, donnée par l'auteur, d'une communication faite à l'Elektrotechnische Verein le 26 avril 1898 et publiée dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 23 juin 1898, p. 411.

sèdent une aimantation rémanente considérable, c'est-à-dire que les ordonnées des points R et R_1 soient grandes ; il faut en outre, pour que les aimants aient une grande stabilité magnétique, que l'inclinaison de la tangente en R à la courbe $MRKM_1$ soit faible et que la force coercitive, représentée par l'abscisse du point K, soit élevée.

Telles sont les diverses déterminations magnétiques qu'exige la pratique. L'appareil Siemens et Halske permet de les exécuter pour des valeurs du champ magnétisant allant jusqu'à 300 unités C. G. S. (et même 500), avec une très grande facilité, les valeurs de $\mathcal{H}$ et de $\mathcal{B}$ étant données immédiatement par une simple lecture, et les échantillons à étudier ayant une forme commode à réaliser : la forme cylindrique. Néanmoins la précision

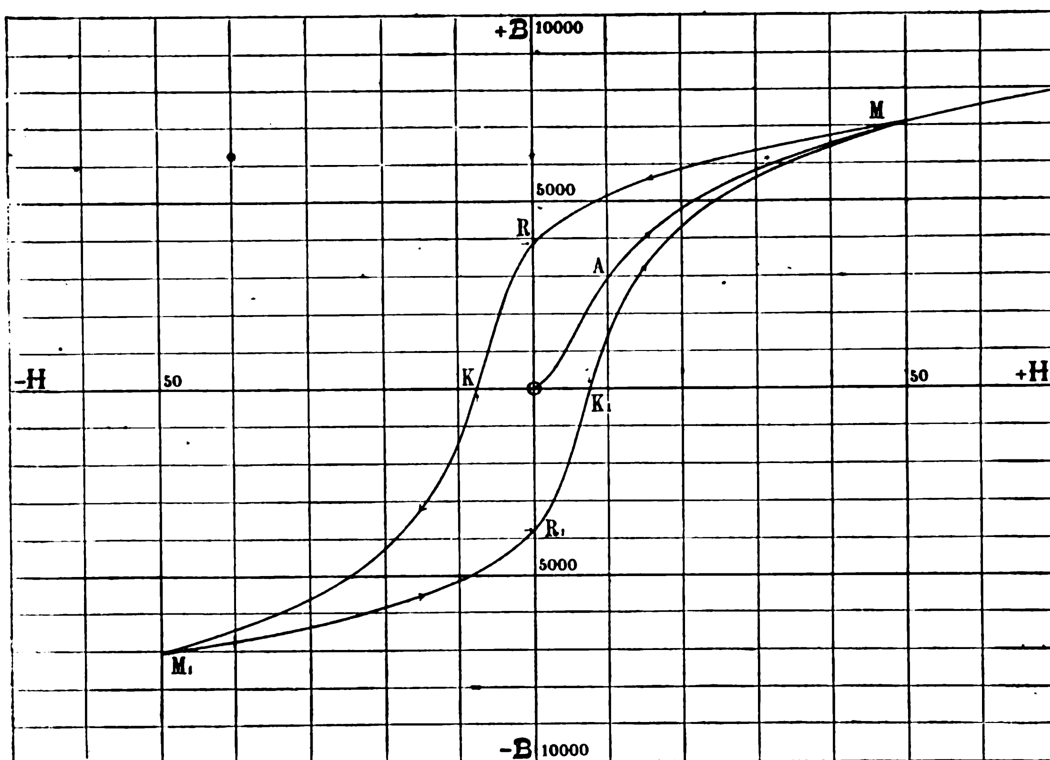


Fig. 1. — Courbes types d'aimantation.

est très satisfaisante car, comme l'ont montré les études faites à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, il suffit d'une correction petite et pouvant d'ailleurs être déterminée une fois pour toutes, pour déduire des valeurs qu'il fournit celles que donnent les mesures de haute précision faites sur des échantillons ayant la forme d'anneaux ou d'ellipsoïdes.

Le principe de l'appareil d'aimantation Siemens et Halske est le même que celui du galvanomètre Deprez-d'Arsonval. Dans l'un et l'autre instrument se trouve un cadre mobile situé dans un champ magnétique et traversé par un courant. Dans le galvanomètre le champ magnétique, produit par un aimant permanent, est constant et le courant variable ; la déviation qu'éprouve le cadre permet de mesurer l'intensité du courant. Dans l'appareil d'aimantation le courant traversant le cadre est constant et le champ magnétique produit par le barreau à étudier est variable ; la déviation permet de mesurer l'induction magnétique du barreau.

Un appareil d'aimantation basé sur ce principe a été imaginé et construit, dès 1894, par

M. Koepsel[1]. L'usage de cet appareil a amené l'auteur à lui apporter quelques perfectionnements importants et à construire le modèle que représentent les figures 2, 3 et 4.

Le barreau P (fig. 4), entouré par la bobine magnétisante S, est fixé dans un joug JJ de fer doux, entre deux joues K au moyen de deux vis. Le barreau et la bobine constituent

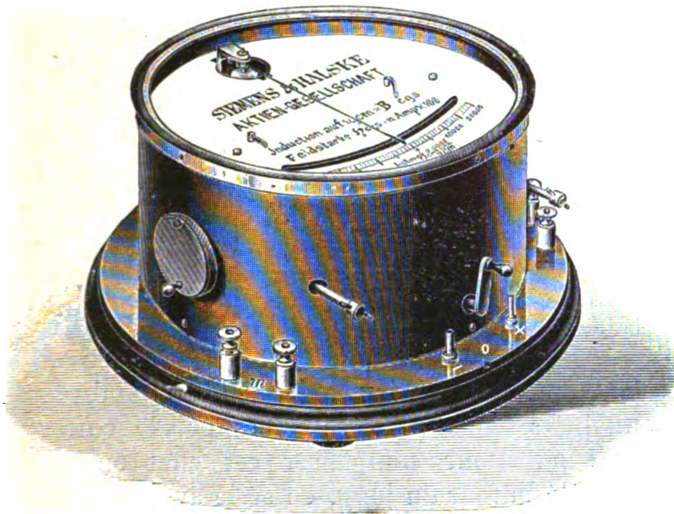


Fig. 2. — Appareil d'aimantation Siemens et Halske.

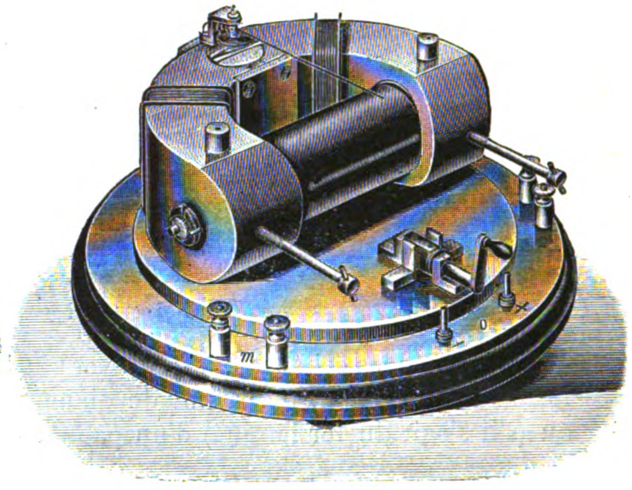


Fig. 3. — Vue intérieure de l'appareil d'aimantation.

ainsi un électro-aimant dont JJ sont les pièces polaires, embrassant le cadre mobile *s*. Au milieu du cadre *s* est maintenu un cylindre de fer doux qui ne laisse qu'un entrefer très étroit pour le déplacement et diminue ainsi

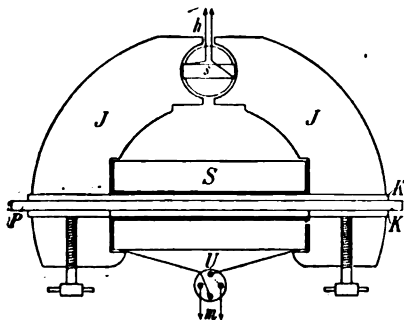


Fig. 4. — Coupe horizontale de l'appareil d'aimantation.

la résistance du circuit magnétique. Le cadre est mobile autour d'un axe vertical et retenu dans sa position de repos par deux ressorts en spirale (on voit celui de dessus sur la figure 3).

Le cadre est libre de se déplacer d'un côté ou de l'autre de sa position de repos; par conséquent, on peut faire les lectures pour les deux directions d'aimantation du barreau.

La force magnétisante dans la bobine S, calculée en valeur absolue, est égale à cent fois la grandeur du courant magnétisant *m* mesuré en ampères.

$$\mathcal{H} \text{ (en C.G.S.)} = 100 \text{ m en ampères.}$$

Le commutateur U (fig. 3 et 4) permet d'envoyer le courant à travers l'appareil dans l'une ou l'autre direction et de l'interrompre en mettant la manette à la position verticale o. L'intensité du courant auxiliaire *h* traversant la bobine mobile *s* doit être choisie d'après une formule inscrite sur le cadran de chaque appareil, par exemple

$$h \text{ (ampères)} = \frac{0{,}0086}{\text{centimètres carrés}},$$

le dénominateur de la fraction représentant la section du barreau.

C'est pour cette raison que l'appareil donne directement les lectures des indications en valeur absolue par cm^2 de la section, bien que la section des barreaux à essayer diffère

[1] *La Lumière Électrique*, t. LII, p. 243; 1894.

de celle du barreau étalon. On fera bien, néanmoins, de ne pas dépasser trop les dimensions normales en plus ou en moins, la formule donnée plus haut n'étant rigoureuse qu'à la condition d'avoir une section peu différente de celle du barreau étalon.

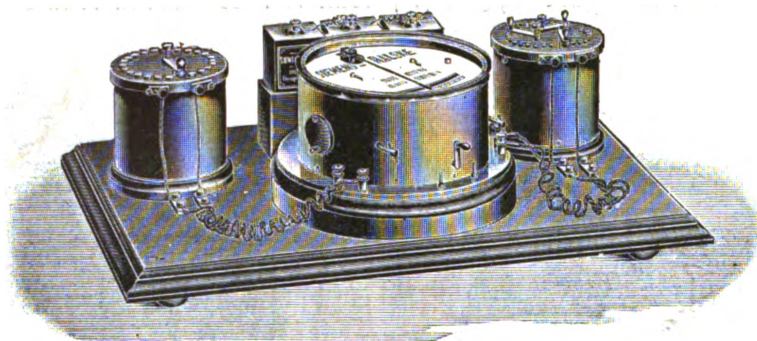


Fig. 5. — Disposition pour esssais d'aimantation.

En général les échantillons à essayer ont la forme des barreaux de 6 mm de diamètre, ou (s'il s'agit du fer laminé) d'un paquet de

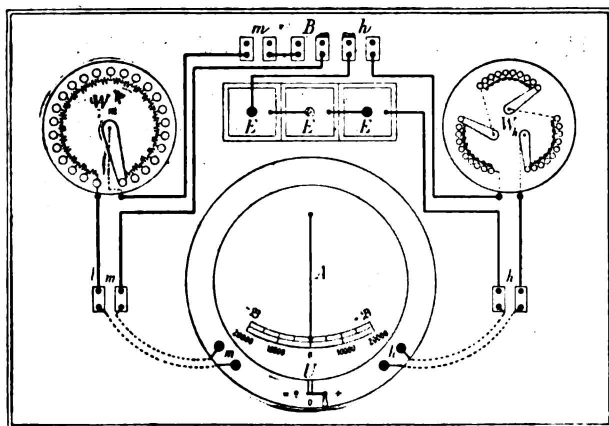


Fig. 6. — Schéma des circuits de la disposition pour essai.

5×5 mm de section formé de bandes de 5 mm de largeur.

La bobine S (sans barreau) exercerait sur le joug une action proportionnelle au nombre total des lignes de force créées par le courant *m*. Pour compenser cet effet on a enroulé autour du joug, en série avec la bobine, des spires supplémentaires (voir fig. 3),

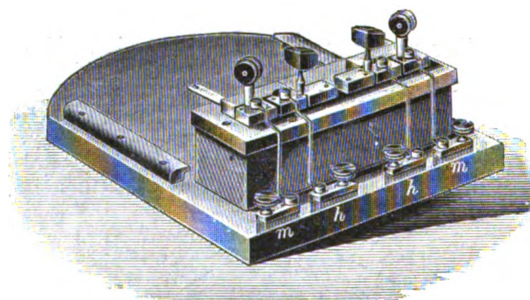


Fig. 7. — Commutateur à fiches.

dont l'action magnétisante s'oppose à celle de la bobine.

Les figures 5 et 6 représentent une *disposition pour essais d'aimantation* comprenant l'appareil A, les résistances pour les deux

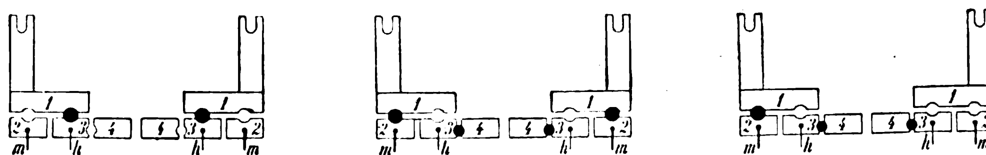


Fig. 8*a*, 8*b*, 8*c*. — Dispositions des fiches du commutateur pour les diverses mesures.

circuits *m* et *h* et les piles pour le circuit auxiliaire *h*. La batterie d'accumulateurs (de 4 ou 8 volts) est reliée aux bornes B (fig. 6). Aux bornes voisines *m* et *h* se fixent les fils de l'ampèremètre. Le courant magnétisant est réglé par la résistance à manette W_m,

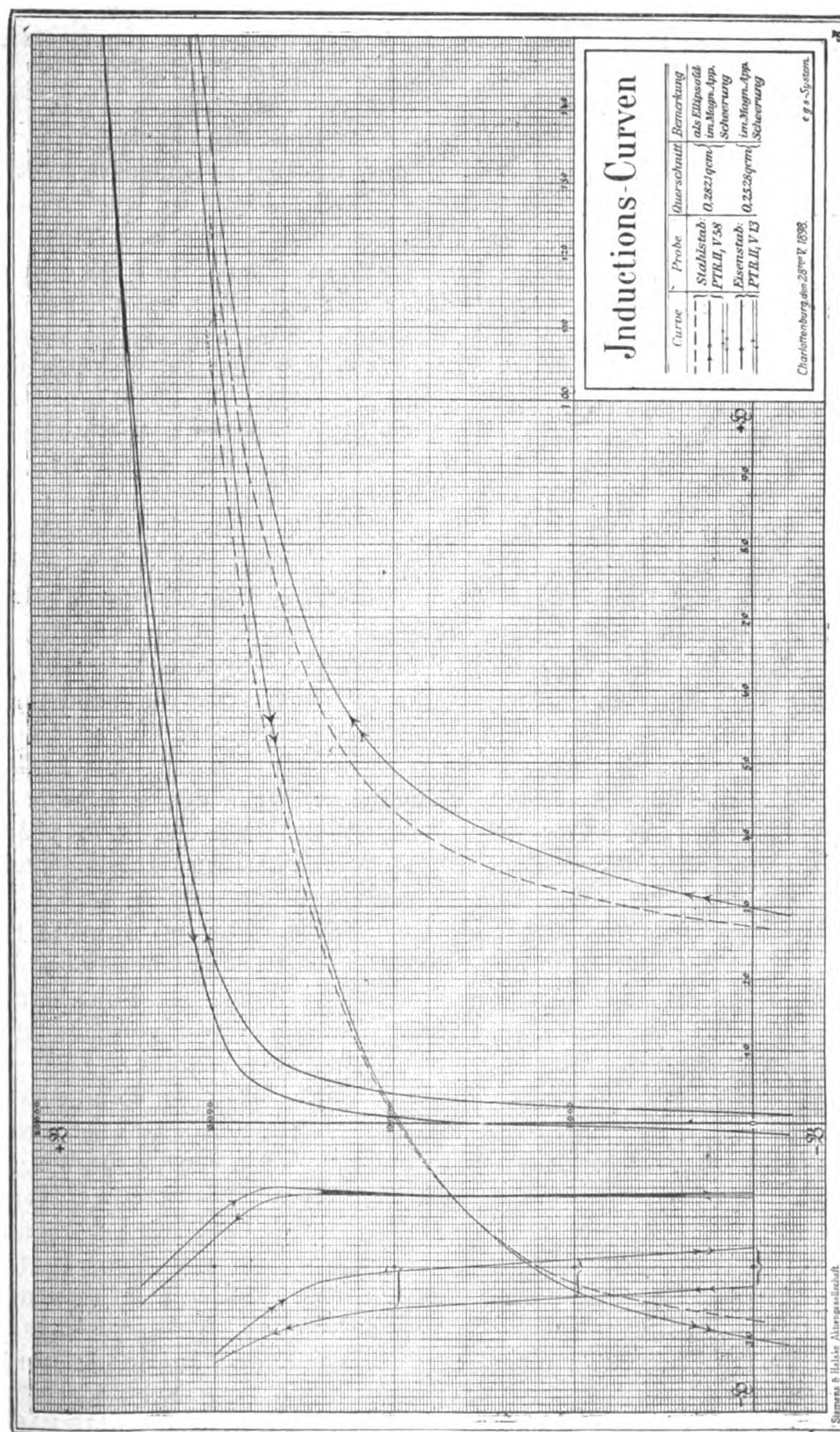


Fig. 9. — Courbes d'induction (Induction Curven) et de correction (Scheerung) d'un barreau d'acier (Stahlstab) de 0,2831 cm² de section (Querschnitt) et d'un barreau de fer doux (Eisenstab) de 0,2528 cm² de section, obtenues avec un ellipsoïde (Ellipsoïde) et avec l'appareil d'aimantation (Magn. App.).

composée d'une série des résistances reliées à des plots de laiton numérotés 1...24. Les valeurs des résistances sont choisies convenablement pour prendre chaque courbe d'in-

duction avec une exactitude suffisante. Au plot 24 toute la résistance se trouve dans le circuit, au numéro 1, elle est hors circuit.

Pour les essais du fer doux il suffit d'une batterie de 4 volts qui donne des champs magnétisants jusqu'à 150 C. G. S. (1,5 amp.); pour les essais de l'acier trempé on préférera des intensités permettant d'obtenir des champs allant jusqu'à 300 C. G. S., qui sont fournies par une batterie de 8 volts.

Le courant auxiliaire *h* est produit par des piles sèches Hellesen E; le réglage s'en fait d'une manière très simple au moyen d'une résistance à trois manettes W_h.

La manette de droite sert pour les grandes variations d'intensité de courant; les diverses positions de la seconde manette divisent les résistances entre deux plots de la première en parties plus petites, et la troisième à gauche permet d'achever le réglage. Ce réglage du courant *h* ne se fait qu'une seule fois pour chaque barreau (ou pour chaque section de barreau).

Les bornes *m* et *h*, en haut de la figure 6, sont reliées par des fils métalliques avec le *commutateur à fiches* (fig. 7), qui sert pour les mesures des deux courants au moyen d'un milli-volt et ampère-mètre d'une résistance d'un ohm. Les figures 8 *a*, *b*, *c*, représentent les dispositions des fiches pour les différentes mesures. Pour faire la lecture de l'intensité du courant auxiliaire *h* on met les fiches comme l'indique la figure 8*a*, le courant passant par *h*, par les plots 3, 1 et par l'ampèremètre.

Pour mesurer avec l'instrument l'intensité du courant *m* il faut remplacer l'ampèremètre dans le circuit *h* par une résistance auxiliaire (reliée aux bornes 4,4) et le relier à un shunt placé dans le circuit *m*. La figure 8 *b* représente cette disposition. Le courant *m* traverse parallèlement l'ampèremètre aux plots 11, et le shunt aux plots 22.

Dans cet arrangement les résistances sont choisies de façon que l'on lise directement l'intensité de la force magnétisante. Une division correspondant à 1 unité C. G. S. de force magnétisante H, l'échelle de l'ampèremètre permet ainsi de mesurer les forces magnétisantes jusqu'à 150 C. G. S.

La figure 8 *c* montre encore une disposition pour les mesures du champ. Pour faire les lectures des forces magnétisantes jusqu'à 300 C. G. S., dont on a quelquefois besoin dans les essais de l'acier trempé, on peut souder une résistance de 1 1/9 ohm entre les plots 1 et 2 de droite, ce qui ne se fait, du reste, que sur ordre spécial de l'acheteur. En ôtant la fiche entre ces deux plots on lit ainsi 2 unités C. G. S. par division.

La seule précaution à prendre dans les mesures est d'éviter tout champ magnétique perturbateur. A cet effet il faut : placer les ampèremètres à aimants permanents à une distance suffisante de l'appareil ; avoir soin d'en éloigner toute masse de fer et couper les barreaux à essayer à une longueur telle qu'ils ne fassent pas trop saillie.

Pour éliminer l'effet du champ magnétique terrestre, on place l'axe de l'appareil suivant le méridien magnétique. Dans cette position la bobine mobile ne donnera pas de déviation quand on fermera le circuit *h*, pourvu qu'il n'y ait pas de barreau dans l'appareil et que le circuit *m* reste ouvert.

Une fois les essais finis, on ôte toutes les fiches, on tourne les manettes des résistances dans le sens des aiguilles d'une montre et on amène la manette du commutateur U à la position 0, (fig. 3, 4, 5 et 6).

Voici à titre d'exemple, comment on obtiendra les diverses courbes de la figure 1 :

Pour prendre la courbe OAM :

1° On place le commutateur U à la position 0 et la manette de la résistance W_m sur le plon° 24;

2° On ferme le circuit en mettant U à la position + ;

3° On amène la manette de la résistance W_m sur les plots 23, 22...

Pour relever le demi-cycle $MRKM_1$ on commence, par exemple, avec la manette sur le plot 3.

1° On l'amène sur les plots 4, 5,.... 24;

2° On fait passer U de + à o et à —;

3° On revient avec la manette sur 24, 23,.. à 3.

La figure 9 contient les résultats obtenus par la Physikalisch-Technische Reichsanstalt de Charlottenbourg, qui a soumis l'appareil à une étude très minutieuse. La figure montre les différences qui existent encore entre les indications de l'appareil et les courbes des valeurs absolues, obtenues avec un ellipsoïde par la méthode magnétométrique.

La courbe « Stahlstab » (barreau d'acier) en trait continu est tracée d'après les lectures de l'appareil, celle en petits traits est la courbe des mesures faites sur l'ellipsoïde.

La connaissance de ces deux courbes permet de tracer la courbe de correction (Scheerungslinien) tracée à gauche de la figure. Pour cela on porte en abscisse, à droite de l'origine si c'est la courbe des valeurs absolues qui est à droite de celle donnée par l'appareil, une longueur égale à la différence des abscisses de ces deux courbes correspondant à une même ordonnée. Cette courbe de correction ainsi construite, il sera facile de déduire la courbe des valeurs absolues de la courbe de l'appareil en augmentant les abscisses des points de cette dernière des abscisses, positives ou négatives, des points de la courbe de correction ayant les mêmes ordonnées. La courbe de correction n'a besoin d'être établie qu'une seule fois pour toutes les mesures.

La courbe relative à un barreau de fer doux (Eisenstab) tracée en trait plein est celle qu'a fournie l'appareil; on n'a pas tracé la courbe des valeurs absolues qui se serait confondue avec la première sur sa plus grande partie, comme on le voit en considérant la courbe de correction tracée à gauche de la figure.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur une nouvelle forme de l'électromètre capillaire ;

Par G. Vanni (1).

L'auteur indique la disposition suivante de l'électromètre Lippmann : un entonnoir de verre terminé par une pointe effilée qui plonge dans une vase à faces parallèles contenant du mercure et de l'eau acidulée à 30 p. 100. Il ajoute quelques détails aussi inédits que la description ci-dessus et termine en remarquant que l'appareil possède une remarquable apériodicité.

Nous espérons que les recherches annoncées sur la fréquence des courants alternatifs au moyen du déplacement oscillatoire du menisque présenteront un peu plus d'intérêt.

G. G.

(1) *Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei*, 11 juin 1898, p. 309.

Perfectionnement à l'interrupteur de Hofmeister ;

Par H. Hauswaldt (1).

Pour éviter les projections de mercure, les bras montés sur l'arbre de l'interrupteur sont coudés en sens contraire du mouvement; ils se terminent par des couteaux à deux tranchants en argent, finissant par une arête large. Au dessus du mercure, il faut verser non de l'eau, mais de l'huile blanche de paraffine. Pour augmenter la durée des couteaux, il est à recommander d'interrompre le courant primaire avant d'arrêter l'interrupteur.

M. L.

Polarisation des rayons de Rœntgen ;

Par L. Grætz (2).

L'auteur a employé des tubes de Crookes dans lesquels étaient scellés des cristaux. Les

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 499-480, mai 1898.

(2) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 453-457, mai 1898.

cristaux et les électrodes étaient disposés de façon qu'on pût dans tous les cas observer simultanément les rayons de Rœntgen qui sortaient directement du tube et ceux qui avaient dû traverser toute l'épaisseur du cristal avant de sortir. Avec des cristaux de spath, de tourmaline, d'andalonsite, de dichroïte, il n'a pu constater trace de polarisation ni au moyen de la pince à tourmalines, ni au moyen d'un nicol. M. L.

CHRONIQUE

Les transmissions d'énergie électrique en Californie. — Les premières transmissions d'énergie électrique en Californie ont été faites d'abord à propos de l'éclairage. C'est ainsi qu'en 1888 la Portland General Electric C° établit une transmission de 1 250 chevaux à une distance de 13 milles, uniquement destinée à l'éclairage par incandescence.

Mais la distribution d'énergie pour l'alimentation des moteurs ne se fit pas attendre longtemps. En 1894, la Standard Consolidated Gold Mining C°, de Bodié en Californie, établit une transmission de 400 chevaux, à 12 milles de distance, pour l'éclairage et le fonctionnement des moteurs monophasés qui actionnaient les différentes machines, broyeurs et autres.

Dès 1893 on reconnut l'avantage des transports à haut voltage et la San Antonio Light and Power C° transporta l'énergie électrique jusqu'à 30 milles, en employant un courant de 10 000 volts ; ce voltage maintenant dépassé couramment avait paru audacieux; l'installation fonctionne encore, elle comprend 20 transformateurs qui font passer le courant de 1 000 volts de la génératrice à 500 volts, les 20 secondaires en série donnent les 10 000 volts.

Depuis, les courants polyphasés ont été préférés, et le voltage a augmenté sans cesse; seuls les défauts d'isolement s'opposeront à ce développement.

La transmission de New-Castle à Sacramento est à 16 000 volts. La Redlands Light and Power C° emploie le voltage de 30000; la Southern California Power C° envoie 4 000 chevaux à 18 milles, à Los Angelos, avec un potentiel de 33 000 volts. Le transport de Provo Mercure de la Telluride Power Transmission marche à 40 000 volts et l'ingénieur veut encore augmenter ce voltage ; il vient de construire une ligne d'essai de 2 milles de longueur sur laquelle il espère dépasser 120 000 volts. G.

Règlement allemand sur les parafoudres. — La municipalité de Berlin a récemment fixé les règles pour le raccordement des conducteurs des parafoudres aux conduites d'eau et de gaz.

Le propriétaire qui veut se servir de ce moyen pour établir la communication des parafoudres avec la terre doit payer 12,50 fr de droit annuel, après avoir prouvé avec plans et dessins que les appareils sont disposés suivant les règles de l'art. Aucune modification ne peut être faite à l'installation sans l'approbation préalable des directeurs des conduites.

Les raccordements doivent être exécutés seulement sur les tubes dont les connexions sont entièrement métalliques et dont le diamètre interne n'est pas inférieur à 5 cm. Ils doivent être faits au moyen d'un anneau de fer aplati, étamé ou galvanisé, et le tout disposé de manière que la surface de contact entre l'anneau et le tube soit d'au moins 100 cm².

Le règlement impose encore d'autres précautions dans le but d'obtenir la plus grande sécurité pour les contacts entre les conducteurs des parafoudres et les conduites d'eau ou de gaz.

Le propriétaire d'une maison est tenu responsable de l'entretien de toutes les connexions ordinaires ou spéciales imposées par le règlement, y compris celles des conduites. G.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII Samedi 8 Octobre 1898 6e Année. — N° 41.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

ALTERNOMOTEURS

La difficulté du démarrage des moteurs asynchrones polyphasés d'une puissance ordinaire ou de bon rendement est généralement tournée par l'emploi de résistances, de self-inductions ou de capacités introduites dans l'induit et qu'on supprime plus ou moins graduellement avec l'augmentation de vitesse. On y arrive encore en partageant l'enroulement induit en divers circuits indépendants qu'on met successivement en court-circuit au fur et à mesure que la vitesse augmente, ou en disposant soit deux circuits induits décalés l'un par rapport à l'autre et montés en série opposée à la mise en route, de façon à diminuer le courant au démarrage, soit deux circuits inducteurs légèrement décalés entre eux et agissant sur un induit unique, le décalage entre les inducteurs étant supprimé dès que le moteur est en vitesse.

L'un des ingénieurs de la COMPAGNIE THOMSON-HOUSTON, M. H. M. HOBART (¹), a imaginé un nouveau procédé de démarrage très ingénieux des moteurs asynchrones à courants polyphasés, qui se rapproche un peu du système à deux induits décalés l'un par rapport à l'autre, mais qui en diffère en ce que l'action de ces circuits est magnétique au lieu d'être électrique.

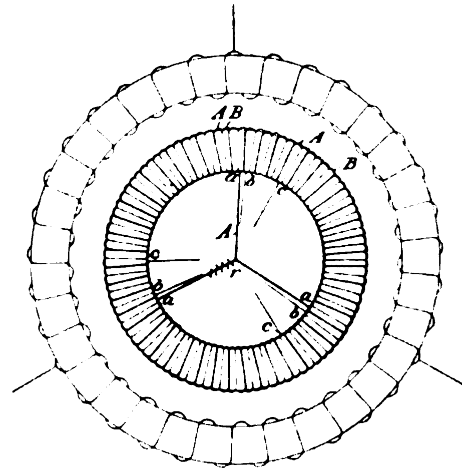


Fig. 1. — Procédé de démarrage des moteurs asynchrones de la Compagnie Thomson-Houston (système H. M. Hobart).

Dans ce procédé, l'induit est divisé en plusieurs enroulements parfaitement distincts les uns des autres, généralement deux, et d'un nombre quelconque de phases. De ces deux enroulements A et B (fig. 1) parfaitement

(¹) Brevet anglais, n° 25744, 1 figure. Déposé le 5 novembre 1897, délivré le 22 janvier 1898.

superposés et que nous supposerons être triphasés, l'un est fermé sur lui-même définitivement par la réunion des points *a a a*. Sur l'enroulement B sont prises deux séries de connexions, l'une *b b b* aussi voisine que possible de celle des points *a a a* de l'enroulement A, et l'autre *c c c* située à une certaine distance angulaire de cette série *a a a*. Ce déplacement angulaire est particulier à chaque moteur et dépend du couple nécessaire pour le démarrage.

Si l'on envoie le courant dans le circuit primaire P et si les circuits induits sont fermés sur eux-mêmes par la réunion en court-circuit des points *a a a* d'une part et *b b b* de l'autre, le moteur ne démarrera pas par suite de la presque opposition des flux primaire et secondaire. Mais si au lieu de réunir les trois points *b b b* on réunit la série des points *c c c*, le second enroulement tendra à contre-balancer une partie de la réaction du premier enroulement sur le primaire, et la réaction résultante ou le flux résultant aura un décalage peu supérieur à 90° par rapport au flux primaire. Le couple au démarrage sera alors suffisant pour mettre le moteur en mouvement. Une fois que la vitesse aura obtenu une certaine valeur, il suffira par un dispositif approprié de supprimer le court-circuit des points *c c c* et d'établir celui des points *b b b* de façon à ajouter les effets des deux enroulements induits.

Il va sans dire que pour obtenir une mise en route graduelle, on pourra employer plusieurs séries de points *c c c* décalés de moins en moins par rapport aux points *a a a*, et dont on mettrait successivement une seule en court-circuit en se rapprochant des points *a a a*, pour chaque accroissement de vitesse.

Dans quelques cas, il peut y avoir intérêt à combiner ce dispositif avec celui de l'introduction des résistances, self-inductions ou capacités. Celles-ci seront alors insérées sur les conducteurs comme l'indiquent les lignes ponctuées de la figure, pour un seul des conducteurs de jonction.

Les perfectionnements apportés par M. A. J. Churchward [1] aux moteurs synchrones sont relatifs surtout au démarrage de ces moteurs par leur transformation en moteurs à collecteurs et à inducteurs lamellés, c'est-à-dire identiques aux moteurs à courants continus.

La figure 2 représente le schéma du dispositif de M. Churchward dans sa forme la plus simple.

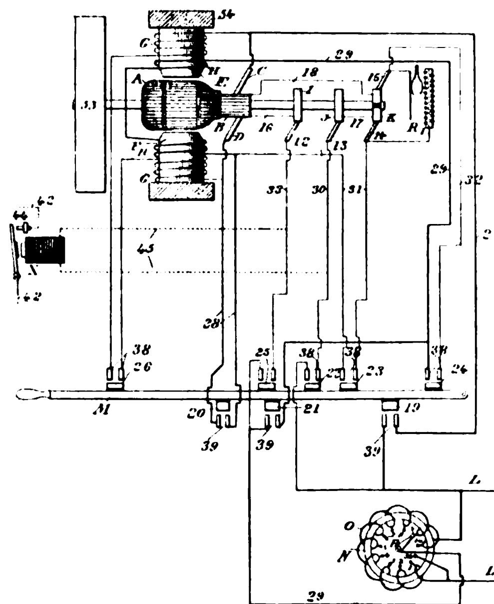


Fig. 2. — Procédé de démarrage des moteurs synchrones de Churchward (schéma des circuits).

L'inducteur du moteur comporte deux enroulements : un enroulement shunt G non utilisé pendant la période du démarrage et un enroulement série H utilisé à la fois au démarrage et pendant le fonctionnement en moteur synchrone.

Sur le même arbre que l'induit sont fixées deux bagues I et J, en communication avec deux points de l'enroulement induit situés à 180° l'un de l'autre. Ces communications, qui sont obtenues par la jonction des bagues à deux lames opposées du collecteur, sont, l'une, celle avec la bague I, directe, et l'autre, celle avec la bague J, indirecte, la lame du

[1] Brevet anglais n° 26729, 11 figures. Déposé le 16 novembre 1897, accepté le 5 février 1898.

collecteur étant réunie à l'un des segments d'un commutateur à coquilles K dont l'autre coquille est reliée avec la seconde bague J. C'est par ce commutateur que le courant alternatif traversant l'induit, pendant le fonctionnement en moteur synchrone, sera redressé pour l'excitation série, tandis que l'excitation en dérivation sera prise aux bornes des balais C et D qui frottent sur le collecteur B.

Une bobine de self-induction R_1 ou une batterie de polarisateurs est mise en dérivation entre les balais du commutateur à coquilles pour atténuer les variations du courant redressé.

Le démarrage et le passage de la marche en asynchrone à la marche en synchrone se fait à l'aide d'un levier M qui porte un certain nombre de contacts.

Pour éviter de mettre la tension totale sur le moteur au démarrage, l'inventeur emploie une bobine de self-induction sectionnée N, placée en dérivation sur le réseau, et fait varier la tension aux bornes du moteur en branchant celui-ci entre un des conducteurs de la ligne et une des extrémités des sections de cette bobine à l'aide de la manette P.

La mise en route se fait en abaissant le levier M du commutateur multiple, ce qui ferme les circuits 39 à l'aide des blocs de contacts 19, 20 et 21. Le balai C du collecteur est alors en communication directe par le conducteur 27 avec l'un des fils L de la ligne. Le courant, au sortir du second balai D, passe par le conducteur 28 dans l'enroulement série H, puis revient par le conducteur 29 à la manette P, d'où il passe par un plus ou moins grand nombre de sections de la bobine N.

Lorsque l'appareil a acquis une vitesse suffisamment voisine de celle du synchronisme, le levier M est relevé vers le haut de façon à dégager les blocs de contact 19, 20 et 21 et à engager les blocs 22, 23, 24, 25 et 26. Par cette manœuvre, le courant de ligne arrive d'abord sur la bague 13, puis par le commutateur à coquilles K, et de là dans l'induit par le conducteur 18. En sortant de l'armature, le courant passe par le balai 12 de la bague I qui est réunie directement par les câbles 33 et 29 au second fil de la ligne. En même temps, l'excitation en dérivation se trouve fermée par le bloc de contact 26. Quant à l'excitation série elle est faite, comme nous l'avons dit, à l'aide du courant principal redressé par le commutateur K.

L'excitation shunt sert uniquement pour des faibles charges ou pour des charges variables ; si le moteur fonctionne avec une charge constante, cet enroulement peut être supprimé, il suffit pour cela de fermer l'enroulement en dérivation par un commutateur spécial.

Le passage du fonctionnement en moteur

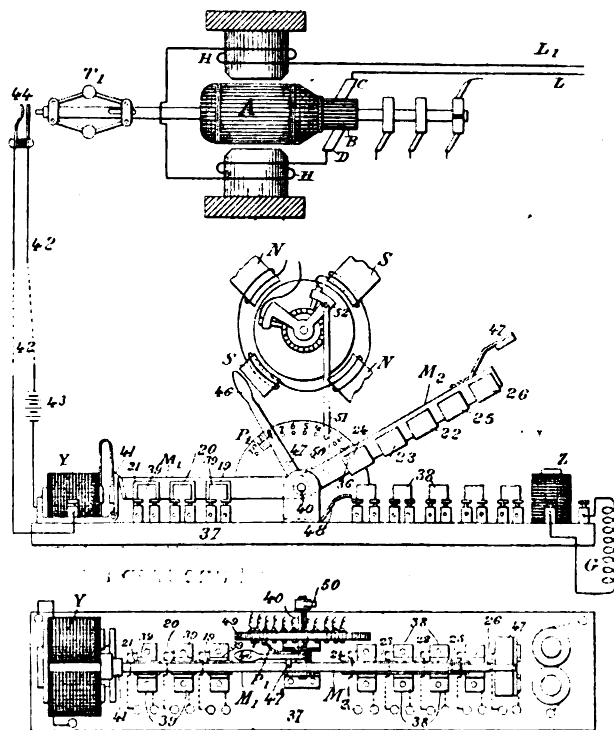


Fig. 3 et 4. — Procédé de démarrage des moteurs synchrones de Churchward (détails des leviers de contact).

série au fonctionnement en moteur synchrone peut se faire automatiquement. Dans ce cas (fig. 3 et 4) le levier M est divisé en deux parties M_1 et M_2. La partie M_1 pour le démarrage est engagée sous un taquet 41, puis lorsque la vitesse du synchronisme est

atteinte, un régulateur à force centrifuge T'_1 ferme le circuit de l'électro-aimant V, lequel attirant son armature sur laquelle est fixé le taquet 41, laisse libre le levier M_1. Les plots de contact de la bobine de self-induction divisée se trouvent sur un cadran 49, dont l'aiguille est manœuvrée par un levier 46. Lorsque ce levier est arrivé en face du plot 1, il tend à entraîner le levier de contact M_2 à l'aide d'un petit goujon 47, ce qu'il fera au moment où le levier M_1 sera libéré.

On sait que la position des balais pour le fonctionnement en moteur série n'est pas la même que celle qui correspond à l'absence d'étincelles au collecteur lorsque l'appareil fonctionne comme moteur synchrone. Pour passer d'une position à l'autre, le levier M_2 en s'abaissant entraine les balais à l'aide d'une tige 51 et les ramène de leur position avant à leur position arrière (fig. 5).

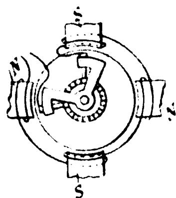


Fig. 5. — Position des balais dans un moteur synchrone Churchward à excitation par courant redressé.

L'électro-aimant ζ qui retient le bras de levier M_2 en place, est monté en série avec les inducteurs en dérivation du moteur; de cette façon, si le circuit vient à être coupé ou si le moteur, par suite d'une trop forte surcharge, vient à se décrocher, le courant qui traverse cet électro est alternatif et l'attraction insuffisante pour maintenir le levier M_2 qu'un ressort 48 tend à relever. On évite ainsi de brûler l'induit du moteur.

M. Churchward indique un second mode de délibération du levier M représenté en pointillé sur la figure 2 et dont le fonctionnement est impossible. Le courant d'alimentation de l'électro-aimant X est en effet pris sur les bagues 12 et 13 d'amener du courant pendant le fonctionnement en moteur synchrone. Or le courant recueilli sur ces bagues ne devient nullement, comme le pense l'inventeur, un courant redressé lorsque le moteur tourne à la vitesse du synchronisme, mais est un courant alternatif de fréquence double de celle du courant d'alimentation ; l'électro-aimant X ne peut donc pas attirer son armature et libérer le levier M_1.

Les procédés employés pour obtenir dans un moteur asynchrone à courant alternatif monophasé muni de deux enroulements inducteurs, deux courants décalés d'une fraction de période suffisante pour créer un champ tournant capable de faire démarrer le moteur, sont très nombreux. Lorsqu'on utilise l'introduction d'une self-induction ou d'une résistance dans l'un de ces enroulements, c'est généralement, bien que cela n'ait pas une grande importance, dans l'enroulement auxiliaire de démarrage qu'est placée la résistance inductive ou non.

Dans l'un des dispositifs brevetés par M. W. Langdon-Davies [1], une résistance R

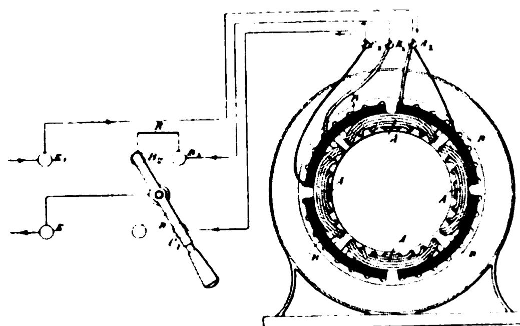


Fig. 6. — Démarrage d'un moteur asynchrone monophasé, système Langdon et Davies.

(fig. 6) est introduite pendant la période de démarrage en série avec l'enroulement normal AA du moteur. L'enroulement auxiliaire BB dont les bobines sont placées comme d'habitude entre les bobines de l'enroulement normal, comporte un nombre de spires suffisant pour produire le décalage nécessaire entre le courant qui le traverse et la tension aux bornes EE'_1.

[1] Brevet anglais, n° 7772, 2 figures. Déposé le 25 mars 1897, délivré le 26 février 1898.

L'appareil démarrant pour la position B_2 du commutateur, il suffit, lorsqu'il est en vitesse, de tourner ce commutateur dans la position B_1 non indiquée sur la figure, pour mettre hors circuit à la fois l'enroulement auxiliaire et la résistance.

Un second procédé plus nouveau (fig. 7) utilise également au démarrage une résistance, mais cette fois dans le circuit de l'enroulement auxiliaire B; de plus, l'enroulement normal est enroulé avec deux ou plusieurs fils en quantité qu'on met en série pour

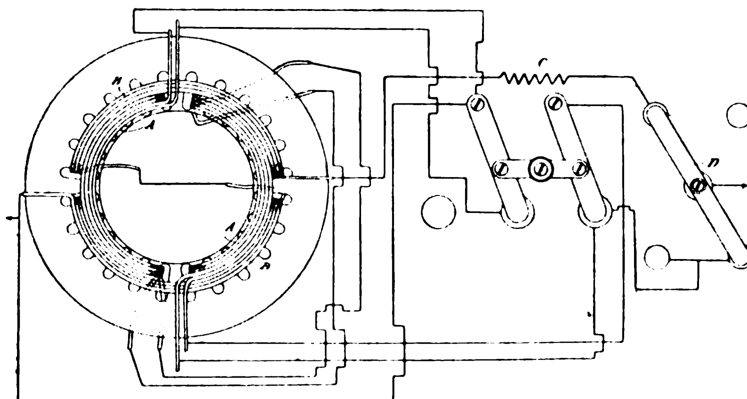


Fig. 7. — Démarrage d'un moteur asynchrone monophasé, système Langdon et Davies.

augmenter son décalage à la mise en route. Celle-ci effectuée, la manœuvre des deux commutateurs (indiqués sur la figure dans des positions non correspondantes) permet par l'un D de supprimer l'enroulement auxiliaire, et par l'autre de rétablir la mise en quantité des circuits de l'enroulement inducteur subsistant pour le fonctionnement normal.

Les moteurs asynchrones à courants alternatifs polyphasés de M. B.-G. Lamme [1], comportent un inducteur disposé plus particulièrement pour obtenir une répartition uniforme du flux dans l'entrefer, un induit destiné à faciliter le démarrage par la disposition spéciale de son enroulement et l'emploi de résistances additionnelles, et enfin un appareil de mise en court-circuit des barres de l'induit.

L'induit représenté en développement sur la figure 8, comprend 82 barres, 103 et 104, alternativement grandes et petites, réunies toutes en série par des développantes, 105, de façon à former un circuit fermé sur lui-même. L'enroulement est disposé pour 4 pôles et son pas est alternativement de 21 et 19. Toutes les développantes sont soudées de façon identique de chaque côté de la

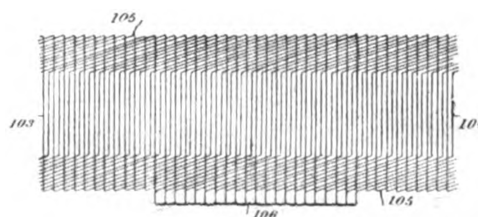


Fig. 8. — Schéma de l'enroulement induit d'un moteur asynchrone Lamme.

machine, sauf pour un certain nombre de barres longues, 21 dans le cas de la figure, lesquelles sont prolongées pour recevoir les résistances 106 qui servent au démarrage. Sur chacune de ces résistances est fermé un groupe de 4 barres et les deux barres restantes sont fermées sur la totalité des 19 résistances. Celles-ci, dont le nombre est arbitraire et qui pourraient au maximum être au nombre de 41, sont disposées comme le montre la partie inférieure de la figure 8.

[1] Brevet anglais, n° 11148, 7 figures. Déposé le 4 mai 1897, délivré le 26 mars 1898.

Lorsque l'appareil a démarré, la mise en court-circuit de toutes les barres se fait à l'aide de deux anneaux 108 (fig. 9) qui portent des balais ou ressorts de contact 109, lesquels par suite du déplacement des leviers 100 viennent se placer sur des petits blocs de contact 107. L'induit est alors transformé en véritable cage d'écureuil et le moteur atteint rapidement son glissement de régime.

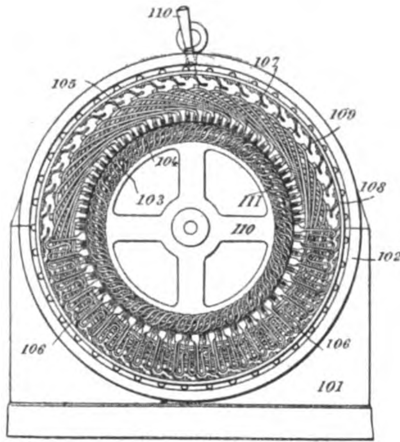


Fig. 9. — Moteur asynchrone Lamme, vu du côté des résistances de démarrage.

L'enroulement primaire appartient au type des enroulements *étalés;* il est représenté en développement dans le cas d'un inducteur à courants diphasés sur les figures 10 et 11. Comme chaque bobine comporte le même nombre de spires dans chaque encoche, pour étaler les enroulements, les bobines d'une même phase sont enchevêtrées partiellement les unes dans les autres. Le nombre de dents est de 96 ; les bobines ABCD qui sont enroulées chacune dans 24 encoches, ont six encoches communes par paire de bobines consécutives. Il est de même des bobines A'B'C'D', lesquelles sont également enroulées dans les encoches ne contenant que des fils d'une seule bobine de la première phase. Grâce à ce dispositif dont le principe a déjà été appliqué par plusieurs constructeurs pour les machines à courant continu, la répartition du flux dû à chaque phase se fait suivant une loi plus voisine de la loi sinusoïdale et le champ tournant résultant est plus constant.

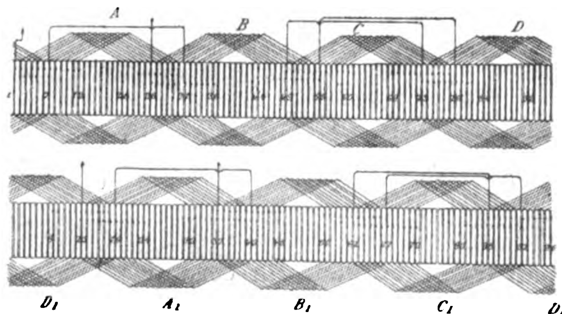


Fig. 10 et 11. — Schéma des enroulements inducteurs d'un moteur asynchrone Lamme à courants diphasés.

Lorsque le nombre de barres de l'induit est très grand, l'inventeur remplace le système des balais de contact, qui est la partie délicate de son invention et paraît difficile à réaliser en pratique, par un anneau formé d'une lame de cuivre ondulée dont le déplacement d'une demi-ondulation permet de passer de la position de démarrage à la position du court-circuit. Il n'est du reste pas nécessaire de réunir toutes les extrémités des barres les plus longues 103, il suffit à la rigueur de les réunir de deux en deux, etc., ce qui diminue le nombre des contacts et par suite la difficulté d'obtenir ceux-ci en bon état.

Les perfectionnements que M. Bradley [1] apporte aux moteurs asynchrones ont pour but principal de supprimer les contacts glissants tout en permettant l'emploi des artifices ordinaires de démarrage et de réglage de vitesse.

L'idée de M. Bradley revient au fond à employer deux moteurs, quoique l'un porte le même transformateur, clavetés sur le même arbre et montés « en cascade », comme dans le procédé Siemens [2] auquel nous faisions encore allusion dans un dernier article [3].

---

[1] Brevet anglais, n° 22807, 3 figures. Déposé le 5 octobre 1897, délivré le 22 janvier 1898.

[2] Voir *Lumière Électrique*, notre article sur un « procédé de couplage des moteurs asynchrones », t. LI, p. 28, 1894.

[3] Voir *L'Éclairage Électrique*, notre article sur les « Alternomoteurs », t. XV, p. 447, 1898.

Comme le montre la figure 12, l'induit supposé mobile, au lieu d'être fermé sur lui-même, l'est sur l'enroulement inducteur S_1S_2 d'un second moteur auquel l'inventeur donne

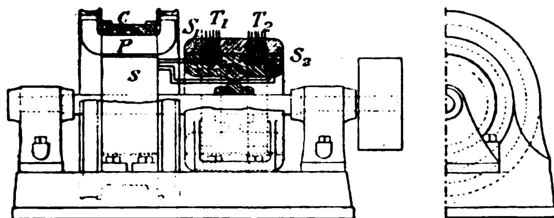


Fig. 12. — Moteur asynchrone Bradley à transformateur tournant auxiliaire.

pour la circonstance le nom de transformateur, bien que son secondaire T_1T_2 soit fixe.

Chacun des éléments de ce secondaire est sectionné en plusieurs tronçons (fig. 13) dont

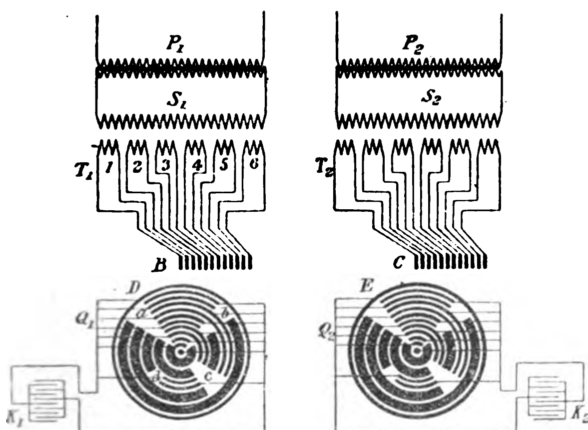


Fig. 13. — Moteur asynchrone Bradley, schéma des circuits du transformateur auxiliaire tournant (self-induction de l'induit variable).

les points de jonction sont réunis à deux commutateurs combinateurs DE qui permettent de grouper les sections de différentes manières, de façon à faire varier le coefficient de self-induction de cet induit qui est fermé sur un condensateur de capacité fixe.

Il va sans dire que l'inducteur du moteur principal peut être monophasé ou polyphasé avec artifice de déphasage dans le premier cas, et que le champ dans le moteur auxiliaire tourne en sens contraire de celui de l'induit du premier moteur.

Le moteur tourne à vide à une vitesse voisine de celle qui correspond au demi-synchronisme, et le glissement peut être varié par modification du coefficient du secondaire du moteur auxiliaire. Cette variation des coefficients de self-induction peut être obtenue à l'aide de commutateurs formés d'une série de segments annulaires concentriques isolés les uns des autres et montés sur un arbre convenable qu'on peut faire tourner. Sur ces segments peut glisser une série de leviers de contact radiaux B, dont le nombre est égal à celui des segments annulaires.

Chaque commutateur est divisé en quatre parties a,b,c,d disposées de façon à pouvoir relier les contacts B de différentes manières ; les segments du groupe a sont réunis alternativement avec l'une ou l'autre des armatures du condensateur K_1. Les extrémités des sections de l'enroulement secondaire T_1 sont en communication avec les contacts B. Si B est sur le groupe a, les différentes sections sont connectées aux armatures du condensateur et par suite toutes ces sections sont en parallèle ; en disposant les contacts sur le groupe b, il y a trois séries de deux sections en parallèle, et ainsi de suite.

On peut aussi (fig. 14) laisser fixe le coef-

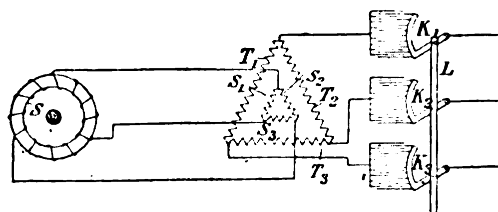


Fig. 14. — Moteur asynchrone Bradley, schéma des circuits de l'induit et du transformateur auxiliaire avec condensateur de capacité variable.

ficient de self-induction de cet appareil et faire varier la capacité des condensateurs. On sait que ceux-ci agissent en somme comme des résistances introduites dans l'induit du moteur en augmentant le glissement pour un couple donné [1]. Toutefois le glisse-

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, notre étude sur le « rôle des condensateurs dans les induits des moteurs asynchrones », t. X, p. 193, 1897.

ment n'est nullement déterminé, comme le pense M. Bradley, par l'égalité de l'inductance de l'induit et de la capacité des condensateurs, mais varie avec la charge pour une capacité donnée, comme dans un moteur ordinaire avec des résistances fixes dans l'induit.

On a employé déjà à plusieurs reprises des inducteurs à nombre de pôles variables pour obtenir le démarrage et différentes vitesses avec les moteurs asynchrones. M. Behn-Eschenburg [1] a en particulier indiqué un procédé de couplage des bobines d'un inducteur enroulé en anneau, et M. Brown [2] a donné les résultats d'essais sur un pareil moteur construit aux ateliers d'Oerlikon. Un procédé analogue a été employé plus récemment par MM. Sahlander et Lindstrom [3] pour les enroulements en tambour.

M. A. Soames [4], au lieu de coupler les bobines inductrices de diverses façons, emploie deux enroulements inducteurs distincts dont l'un est disposé de façon à produire un plus grand nombre de pôles que l'autre.

C'est naturellement l'enroulement inducteur qui contient le plus grand nombre de pôles qui sert pour le démarrage. L'armature est calculée pour un rendement donné de l'induit correspondant à la marche avec l'inducteur qui contient le plus petit nombre de pôles; elle se trouve donc trop résistante pour le fonctionnement avec l'inducteur de démarrage, ce que facilite encore celui-ci.

L'inventeur se réserve du reste l'emploi de deux enroulements induits, un pour le démarrage et l'autre pour le fonctionnement en régime normal.

La figure 15 se rapporte à un moteur à huit pôles pour le démarrage, constitués par les bobines $D_1, \ldots, D_8$, et à quatre pôles pour la marche normale, formés par les bobines B_1, B_2, B_3, B_4.

Le passage d'un enroulement à l'autre se

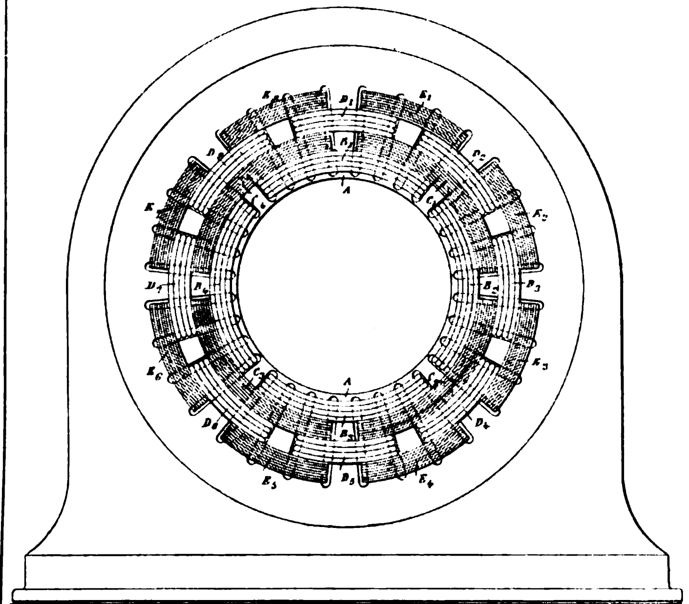


Fig. 15. — Moteur asynchrone Soames.

fait à l'aide de deux commutateurs représentés schématiquement sur la figure 16. Au

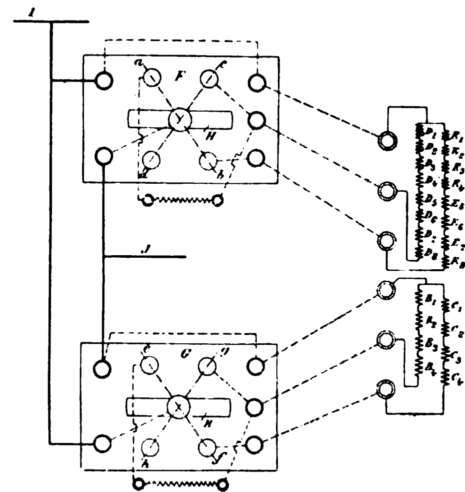


Fig. 16. — Moteur asynchrone Soames, schéma des connexions de l'inducteur pour le démarrage et la marche en régime normal.

repos, les leviers H des deux commutateurs sont dans les positions moyennes.

Lorsque le levier H du commutateur F

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, n° 1, 1896.

(2) *Elektrotechnische Zeitschrift*, n° 13, 1896.

(3) *Elektrotechnische Zeitschrift*, n°s 18 et 35, 1897.

(4) Brevet anglais, n° 14923, 5 figures. Déposé le 19 juin 897, délivré le 14 mai 1898.

est placé dans la position indiquée par la ligne ponctuée *ab*, le courant passe à la fois dans les deux inducteurs; l'appareil démarre alors grâce à la présence des deux champs décalés produits, et dès que la vitesse a atteint une valeur voisine de celle du synchronisme pour le fonctionnement à huit pôles, on place le levier dans la position *cd* et le moteur continue à tourner à cette vitesse. Pour tourner à une vitesse double, il suffit de tourner le levier H du commutateur F dans sa position centrale et de placer le levier du commutateur G dans la position *ef;* le courant passe alors dans les deux enroulements et le moteur double de vitesse. Lorsque la vitesse normale est atteinte, le levier du commutateur G peut être tourné dans la position *gh* pour laquelle le courant ne passe plus que dans l'enroulement inducteur à 4 pôles.

Des résistances sont introduites dans l'enroulement inducteur à 4 pôles lorsqu'il est utilisé en même temps que celui à 8 pôles de façon à créer la différence de phase nécessaire pour produire un champ tournant au démarrage.

C.-F. GUILBERT.

L'UTILISATION DES CHUTES DE LA KERKA EN DALMATIE [1]

Dans le précédent article, nous avons considéré la partie hydraulique du projet. Occupons-nous maintenant de la partie électrique.

Dynamos. — La station centrale de la Kerka ne semble pas devoir être utilisée pour l'éclairage, et en tout cas celui-ci ne demanderait qu'une faible partie de l'énergie, le reste servira à faire marcher des moteurs de grande puissance et trouvera un large emploi en électrochimie et électrométallurgie.

Le transport de l'énergie fait rejeter l'emploi de courant continu. Lorsque celui-ci sera nécessaire dans une industrie on aura recours aux transformateurs tournants. Enfin, au point de vue de l'accouplement des alternateurs et de l'économie dans l'établissement de la ligne, on donnera la préférence aux courants alternatifs polyphasés.

D'ailleurs, grâce à leur plus grande facilité de démarrage et à leur propriété de pouvoir surmonter les surcharges soudaines, les moteurs asynchrones polyphasés sont les plus pratiques.

Il n'y a à fournir d'énergie qu'à l'inducteur qui constitue la partie fixe du moteur; le courant peut donc être amené par des serre-fils fixes sans qu'il y ait de contacts glissants. C'est un avantage précieux, car il permet d'alimenter les moteurs avec des courants à haute tension, 10 000, 15 000 volts, sans employer de réducteurs.

Si on se rappelle que la question de l'éclairage est de peu d'importance, on voit que le système triphasé est préférable au système biphasé, puisqu'il coûte moins cher et a un rendement plus élevé comme générateurs et comme transformateurs; dans ces derniers en effet on peut, à induction égale, diminuer la masse de fer et par suite les pertes par hystérésis et par courants parasites.

La fréquence influe aussi bien sur la construction des génératrices (nombre de tours, prix, rendement, prix des transformateurs) que sur la perte de potentiel sur la ligne. Si la basse fréquence, 20 à 40 périodes, est avantageuse pour la construction des générateurs et pour les moteurs, elle a l'inconvénient d'augmenter les proportions des transformateurs et par suite leur prix; en outre elle ne permet pas d'alimenter dans de

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 1er octobre, p. 5.

bonnes conditions un réseau d'éclairage, surtout avec les lampes à arc. Or si l'éclairage est secondaire, il n'en est pas de même de l'emploi de l'arc en électrométallurgie, et celui-ci exige au moins 40 périodes.

Il vaut donc mieux s'arrêter à cette valeur moyenne, satisfaisante pour les moteurs et les transformateurs, et éventuellement pour l'éclairage. C'est d'ailleurs la valeur adoptée à Rheinfelden, Lione et Milan. Elle convient précisément pour la vitesse commune des turbines et des dynamos prévue dans l'installation qui nous occupe.

La tension sous laquelle on transmet l'énergie sera d'autant plus avantageuse

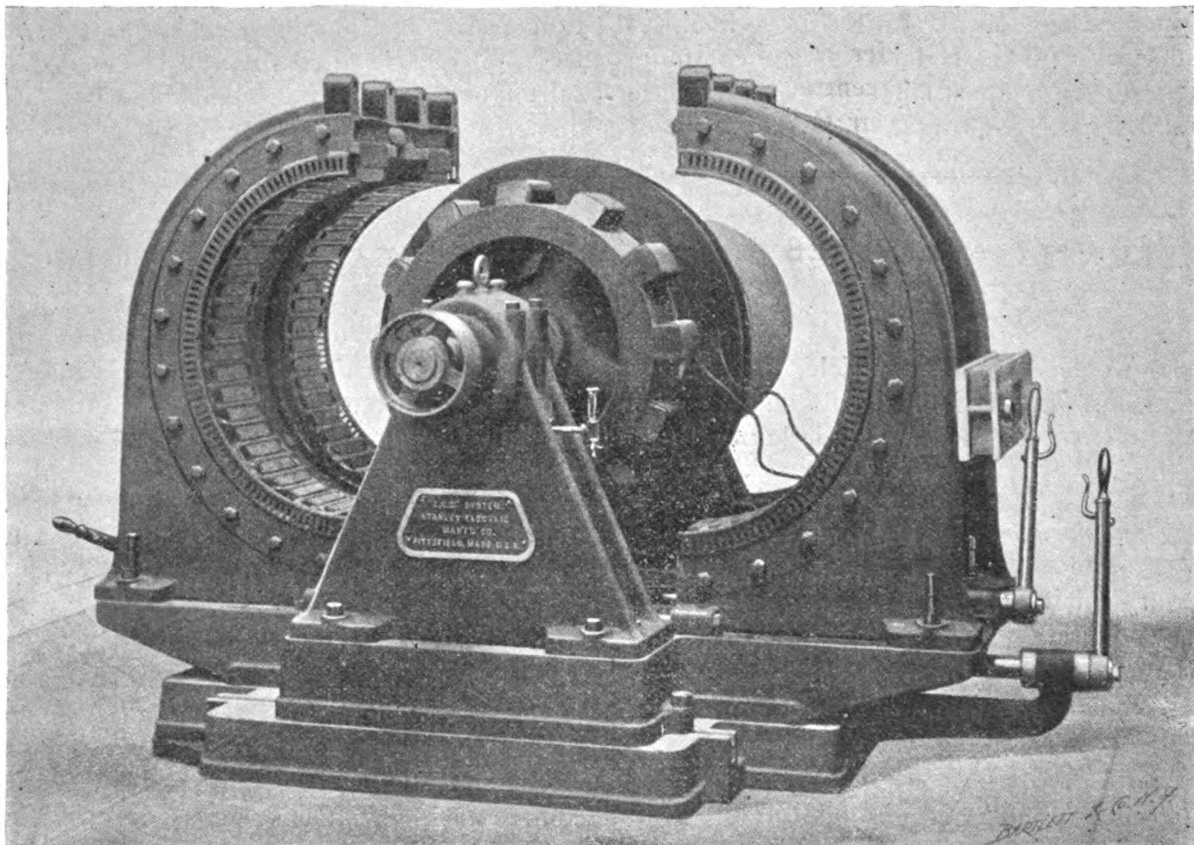


Fig. 15. — Alternateur Stanley.

qu'elle sera plus élevée, car la section de la ligne est moins grande et les pertes par effet Joule sont diminuées. Mais on est limité de ce côté par le degré d'isolement que la ligne peut présenter en temps humide. Il y a trop peu d'installations au-dessus de 10 000 volts pour que l'on puisse être assuré d'un bon fonctionnement en dépassant cette limite. Si l'on songe à la carbonisation des poteaux et à la fracture des isolateurs dans la transmission de Niagara à Buffalo, on voit que le dommage direct est faible, mais que le dommage indirect peut être considérable par suite de la nécessité d'interrompre la marche pour réparer les supports. On s'en tiendra ici à la tension de 8 000 volts produite directement aux bornes des dynamos sans élévateurs ; la distance de transmission n'est en effet pas bien grande et un bon isolement est ainsi facile à obtenir (1).

(1) Routin. *L'Éclairage Électrique*, t. XI, p. 390, 22 mai 1897.

En résumé, chaque dynamo doit fournir, à 240 tours, 1 500 chevaux en régime normal, c'est-à-dire 1 100 kilowatts environ sous 8 000 volts.

A cette haute tension il est préférable d'employer l'induit fixe, on recueille le courant par des serre-fils fixes et on évite les contacts glissants. L'isolement des bobines induites est mieux assuré parce qu'il n'y a pas à se préoccuper de l'action de la force centrifuge.

Dans les alternateurs à induit fixe, celui-ci est habituellement constitué par deux anneaux et des lamettes réunis magnétiquement par une carcasse. Sur la périphérie interne de ces anneaux, des entailles et des trous sont pratiqués et portent les enroulements en tambour. Le circuit magnétique est complété

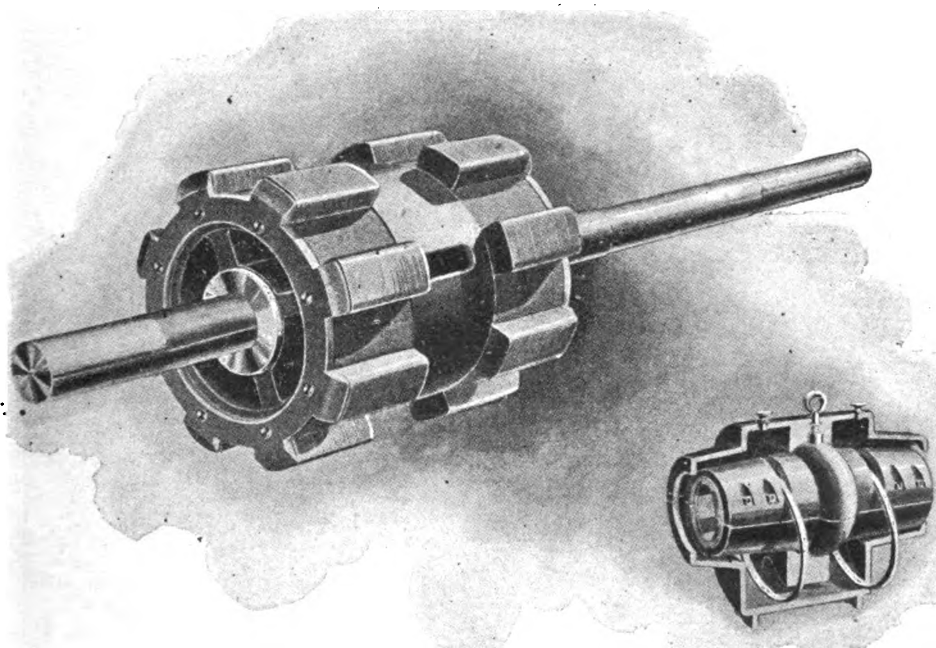


Fig. 16. — Alternateur Stanley. Inducteur.

par un inducteur massif, à extrémités lamellaires, serrées fortement dans un noyau d'acier. Les figures 15 et 16 représentent un alternateur de cette sorte, l'alternateur Stanley.

Dans les alternateurs à volant, l'induit est unique, il est encore formé d'un anneau lamellaire sur la périphérie interne duquel sont disposés des trous ou des entailles qui reçoivent les enroulements induits à tambour. Le champ est produit par une couronne d'aimants disposés sur une roue d'acier. Tel est par exemple l'alternateur à volant Brown Boveri et Cie de Bade (fig. 17).

Ces alternateurs multipolaires ont encore l'avantage sur les unipolaires de présenter une chute de potentiel assez constante pour une brusque surcharge ; ceci est préférable même dans une distribution d'énergie qui a surtout en vue l'alimentation des moteurs, quoique ceux-ci puissent supporter des variations de tension de 10 à 15 p. 100.

En outre, si l'inducteur est à enroulement unique, un défaut d'isolement, un contact entre deux spires successives par exemple, ne produit pas de dommage au point de vue magnétique, car la résistance diminue, l'intensité croît et le nombre d'ampères-tours n'est pas altéré. Mais la densité électrique croissant, l'échauffement est plus fort et peut mettre hors de service l'enroulement de l'in-

***

duit sans qu'on soit auparavant averti, sauf au moyen d'un ampèremètre intercalé dans le circuit d'excitation. Le changement de l'enroulement pour une grande machine est coûteux et laborieux, tandis que dans une machine multipolaire c'est une opération fort simple.

Nous allons supposer l'emploi d'alternateurs Brown Boveri qui conviennent bien comme vitesse aux turbines Riva Monneret dont il a été déjà parlé. Dans l'installation définitive il faudrait, pour établir le choix entre les alternateurs tenir compte de la facilité de synchronisation, du fonctionnement en parallèle et de la forme du courant qui doit se rapprocher autant que possible

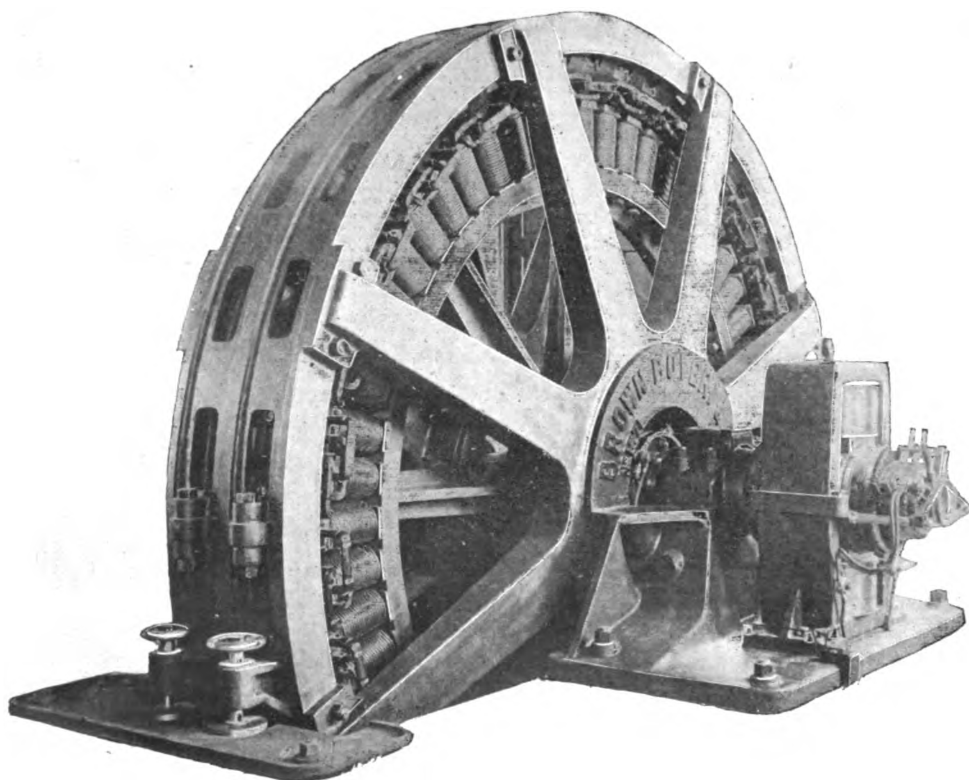


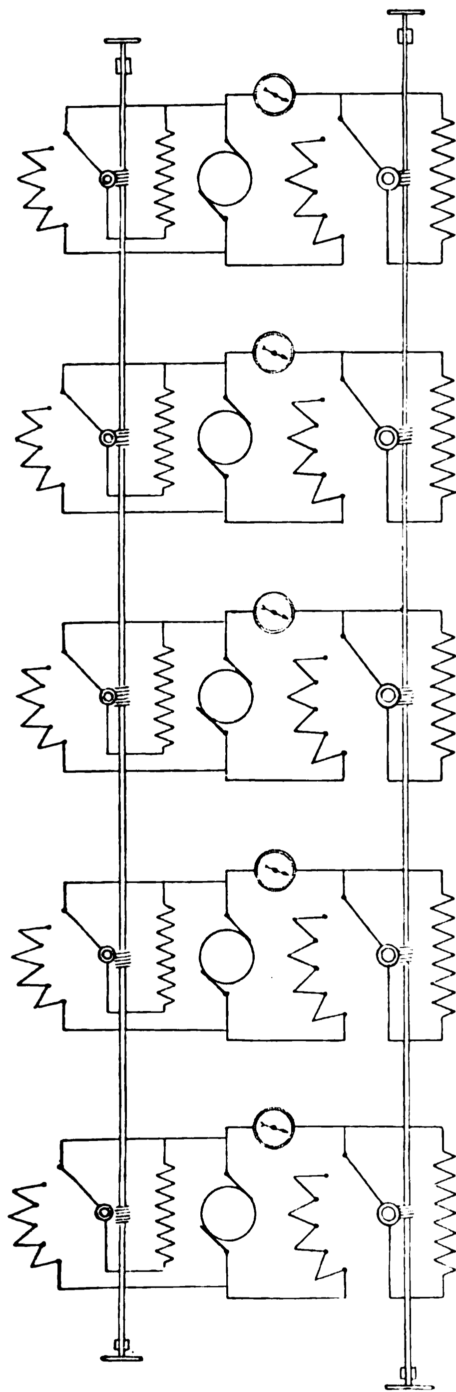
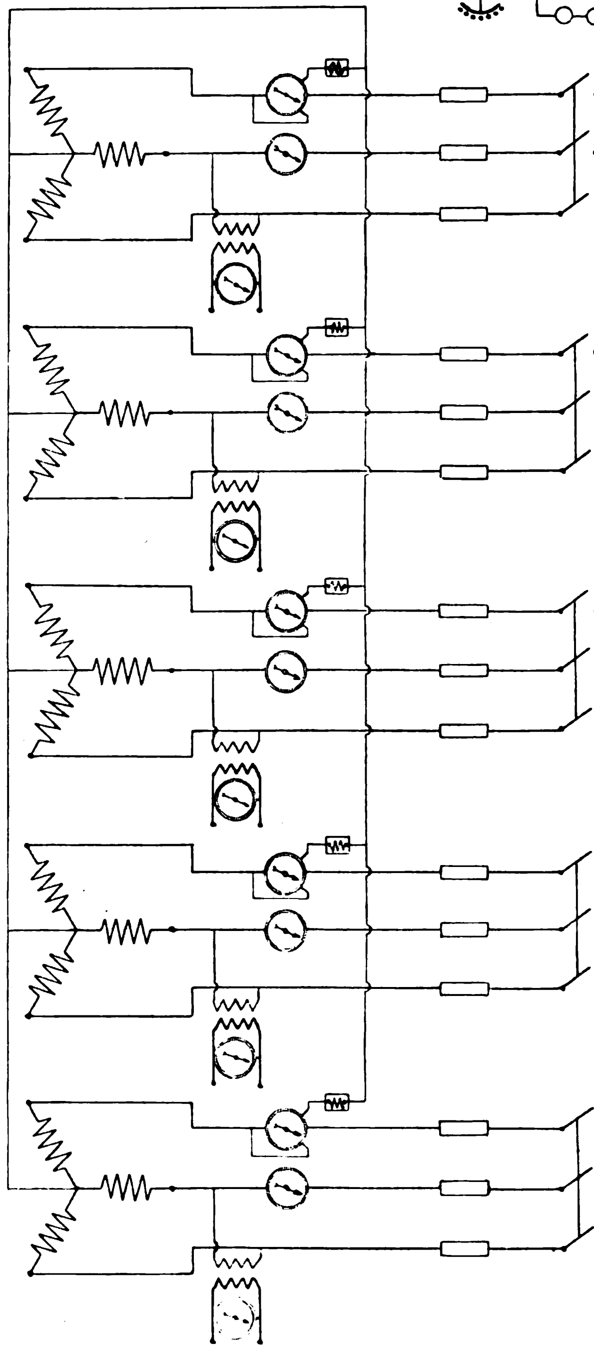
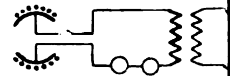
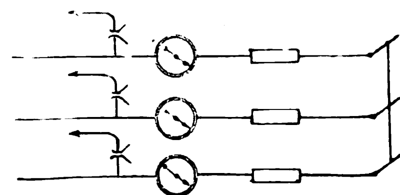
Fig. 17. — Alternateur à volant Brown Boveri et Cie.

de la forme sinusoïdale, au point de vue du rendement de la ligne et de la marche des moteurs.

La disposition des trois circuits induits sera en étoile et non en triangle. L'excitation du champ magnétique sera faite au moyen d'une dynamo à courant continu.

Dans le type proposé par la maison Brown Boveri (fig. 17), l'excitatrice est calée directement sur l'arbre. L'induit fixe est construit de façon qu'on puisse le faire tourner après avoir arrêté la partie mobile pour le nettoyage et la visite des bobines. A cet effet, l'induit repose sur deux grands anneaux formant une seule pièce avec les supports de la machine ; il s'ensuit un très bon centrage sur l'arbre. Pour le maintenir en arrêt, en deux points de la périphérie, deux vis se posent sur deux pièces correspondantes de la fondation.

Le rendement électrique est garanti à 92 p. 100. Les circuits sont reliés en étoile et la résistance de chacun est de 0,62 ohm, sa self-induction est 0,0555 henry. La puissance développée à marche normale est de 1 500 chevaux effectifs, soit 1 100 kilowatts. Si la self-induction du circuit d'utilisation

est négligeable, ces alternateurs peuvent être poussés à 1 700 chevaux sans danger pendant peu de temps.

Dans les conditions supposées pour le circuit extérieur, la différence de potentiel est de 8 000 volts efficaces; de sorte que la différence entre le centre de l'étoile et l'extrémité de chaque circuit induit est $\frac{8\,000}{\sqrt{3}} = 4624$. L'intensité efficace est donc donnée par la relation

$$3 \times 4624 \times I = 1\,100\,000 \text{ watts}$$
$$I = 80 \text{ ampères},$$

Ces dynamos seront placées chacune sur une fosse de façon à avoir un peu plus de la moitié de leur hauteur seulement au-dessus du sol de l'usine (fig. 4 et 5). Un petit plancher isolé sera établi autour, afin de garantir les ouvriers chargés de la surveillance. La carcasse de l'induit sera mise en communication avec le sol; cette disposition est moins dangereuse pour le personnel, et d'ailleurs les parafoudres actuels garantissent fort bien les enroulements des dynamos contre les décharges atmosphériques.

Avec les données des constructeurs on peut calculer la perte par résistance et inductance des alternateurs à pleine charge.

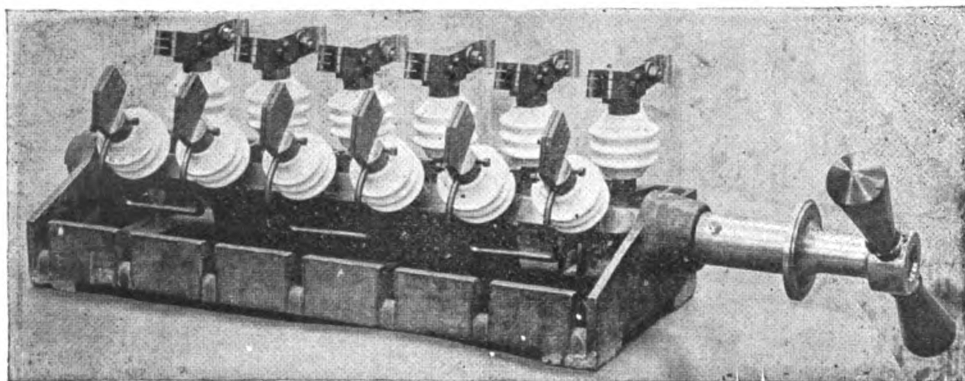


Fig. 19. — Interrupteur tripolaire Brown-Boveri.

La résistance de chaque circuit de l'induit est 0,62 ohm, la perte à la charge de 1 100 kw est donnée par $0{,}62 \times 80 = 49{,}6$, soit 50 volts. La perte d'énergie correspondante par effet Joule est de $50 \times 80 = 4\,000$ watts; la perte totale par échauffement de l'induit est donc $3 \times 4\,000 = 12\,000$ watts, soit 1 p. 100.

Le coefficient de self-induction est 0,0555 henry, la fréquence 40, l'inductance ($2\pi nL$) est donnée par

$$2 \times 3{,}14 \times 40 \times 0{,}0555 = 13{,}94$$

et la perte par inductance

$$13{,}94 \times 80 = 1\,115 \text{ volts}.$$

La force électromotrice à développer dans chaque circuit induit des alternateurs, si la différence de potentiel à pleine charge doit être de 4 624 volts, est

$$\sqrt{(4\,624 \times 50)^2 + 1\,115^2} = 4\,806 \text{ volts}.$$

La chute de potentiel entre le fonctionnement à vide et à pleine charge, avec un circuit externe sans self-induction, est donc de 182 volts, soit 4 p. 100 de la tension des alternateurs.

Tableau de distribution. — Le tableau de distribution sera disposé au milieu de la salle, contre le mur opposé aux fenêtres, sur une petite terrasse en élévation.

Il sera constitué par une série de plaques de marbre blanc enserrées dans une garniture de fer. La distance au mur sera de 2,50 m et les connections se feront à la partie postérieure.

Des câbles parfaitement isolés et armés courront, dans des caniveaux, des dynamos au tableau. D'autres mettront les excitatrices en communication avec les rhéostats respectifs. Ces rhéostats seront reliés mécaniquement pour permettre la variation simultanée de l'excitation sur tous les alternateurs en marche. Les petites variations s'obtiendront au moyen de rhéostats insérés dans le circuit d'excitation des alternateurs, et les grandes en agissant sur les rhéostats du champ des excitatrices.

Il n'y aura qu'un seul tableau, puisque la distribution de lumière est sans importance.

Aussi les appareils sont-ils réduits à un très petit nombre, d'autant plus qu'il n'y a pas de transformateurs (fig. 18).

Pour le contrôle de la tension, on emploie généralement un petit transformateur avec un voltmètre sur le secondaire. Le transformateur sert aussi pour l'appareil des phases.

Le tableau pourra être divisé en deux parties, l'une relative aux dynamos et l'autre au circuit d'utilisation. La première comprendra cinq groupes constitués chacun par :

Un interrupteur tripolaire à haute tension;

Un ampèremètre;

Un voltmètre avec transformateur et petits plombs fusibles;

Un wattmètre avec rhéostat;

Trois coupe-circuits de sûreté pour haute tension;

Un ampèremètre pour le courant d'excitation;

Un rhéostat régulateur pour le circuit d'excitation des alternateurs et un autre pour le champ magnétique des excitatrices.

En plus de ceci, il y aura un transformateur avec déviateur double à cinq directions pour la synchronisation et deux mécanismes à vis sans fin pour commander simultanément tous les régulateurs.

La partie du tableau relative à la ligne comprendra un interrupteur tripolaire pour haute tension (fig. 19), trois ampèremètres, trois coupe-circuits de sûreté pour haute tension et trois parafoudres.

(A suivre.)

Giuseppe Giovaninelli.

TRAVAUX DE L'ASSOCIATION BRITANNIQUE

Le meeting tenu par l'Association britannique à Bristol a été inauguré cette année par un discours de son président, sir William Crookes, dont nous donnons ci-après une brève analyse.

Le discours présidentiel de sir W. Crookes

La première question sur laquelle M. W. Crookes s'est longuement étendu ne paraît pas à première vue, avoir un rapport direct avec l'électricité; elle consiste, en effet, en un examen des conditions dans lesquelles les générations futures pourvoiront à leur subsistance, étant constaté par les statistiques que la quantité de blé produite annuellement n'augmente que suivant une progression de beaucoup moins rapide que l'accroissement de la population du globe. Aussi l'auditoire du savant professeur a-t-il dû être passablement surpris, quand le remède à ce mal, intéressant toute l'humanité civilisée, lui a été présenté sous la forme d'une nouvelle branche de l'industrie électrique à créer dans un avenir peu éloigné.

Le point de départ de l'exposé est le suivant : l'étendue des terres produisant le blé, base de l'alimentation des races ariennes, est limitée, tandis que la population s'accroît suivant une progression de plus en plus rapide et que la consommation de pain par tête

va elle-même en augmentant dans la plupart des pays.

Il y avait en 1871, dans le monde entier, 371 000 000 de consommateurs de pain. En 1881, ce nombre s'était élevé à 416 000 000, en 1891, à 472 600 000, et il est actuellement de 516 500 000. Pour les ensemencements et pour l'alimentation il faut cette année une quantité totale de blé évaluée à 2 324 000 000 boisseaux, alors que la récolte de l'année dernière, en y ajoutant même les réserves existantes, a laissé un déficit de 103 000 000 boisseaux, et alors que le nombre de bouches nouvelles à nourrir, va s'augmenter de 6 500 000.

D'autre part, les terres vierges deviennent de plus en plus rares, et les principaux pays exportateurs de blé, les États-Unis et la Russie, auront bientôt peine à suffire à leurs propres besoins.

Comment échapper à la famine qui menace au moins la prochaine génération? M. Crookes répond que le laboratoire nous en fournira les moyens. La culture intensive avec emploi d'engrais chimiques, permettra de tripler le rendement des terres. Mais la dominante de l'engrais nécessaire aux céréales étant l'azote sous la forme assimilable de nitrates ou de sels ammoniacaux, et ces substances trouvées à l'état naturel ou produites industriellement ne pouvant être fournies qu'en quantité très limitée par rapport aux millions de tonnes qui seront annuellement nécessaires, il faudra puiser dans l'énorme réserve d'azote que constitue l'atmosphère terrestre.

Chaque mètre carré de la surface du globe supporte la pression d'une colonne d'azote qui ne pèse pas moins de 9 tonnes, mais c'est de l'azote libre et non directement assimilable. On connaît bien différents procédés pour fixer l'azote atmosphérique, mais aucun d'eux ne se prêterait à l'utilisation sur une grande échelle. Cette question de la fixation industrielle de l'azote, dont dépend, suivant l'expression du savant anglais, le maintien de la prépondérance des races ariennes sur les peuples dont le blé n'est pas la base de l'alimentation, est toutefois de celles auxquelles un avenir très proche apportera la solution.

Dès maintenant même, une solution se présente. Dans son expérience sur la « flamme de l'azote » présentée en 1892, à la Société Royale, M. Crookes avait montré que l'azote est un gaz combustible et que la cause qui empêche sa flamme de se propager et de transformer l'atmosphère en une « mer d'acide azotique », est que le point d'ignition est plus élevé que la température de la flamme. Mais on peut entretenir celle-ci à l'aide de l'étincelle électrique, et cette simple expérience pourrait bien devenir le point de départ d'une puissante industrie. Lord Rayleigh ayant exécuté cette expérience sur une plus grande échelle dans le but de brûler l'azote pour obtenir comme résidu l'argon, a constaté que l'union de 29,4 gr d'azote et d'oxygène mélangés, peut être obtenue avec une dépense d'un cheval-heure. Il en résulte qu'une dépense d'un kilowatt-heure permet d'obtenir 74 gr. de nitrate de soude et qu'avec 14 000 kilowatts-heure on en ferait une tonne. Or, avec des machines à vapeur et des dynamos travaillant jour et nuit à rendement maximum, on peut obtenir actuellement le kilowatt-heure à raison de 3,5 centimes, et la tonne de nitrate reviendrait à 650 francs. Mais l'électricité produite par la vapeur est trop coûteuse pour les usages de la grande industrie chimique et il faut avoir recours à la force motrice hydraulique. Au Niagara, par exemple, le kilowatt-heure peut être vendu avec bénéfice pour 0,6 centime, auquel taux la tonne de nitrate ne reviendrait plus qu'à 125 fr. Et ce prix de revient est loin de représenter la limite inférieure accessible puisqu'il est déduit de données d'expériences faites à une échelle relativement petite et sans se préoccuper de l'économie, et si l'on observe que le nitrate du Chili vaut actuellement 187 fr la tonne, on se rend compte que ce procédé de préparation n'a rien d'utopique.

L'atmosphère est une source d'azote à peu près illimitée, mais peut-on produire assez

d'énergie électrique pour la fabrication des 12 000 000 annuels de tonnes de nitrate? A ce point de vue encore, il n'y a rien à craindre, car un calcul préliminaire montre que les chutes du Niagara suffiraient, à elles seules, pour la production de cette immense quantité d'énergie.

On entrevoit donc la possibilité de maintenir la production de blé à la hauteur des besoins pendant de longues années encore, et quand ces nouvelles sources seront épuisées, nos descendants seront sûrement en possession de moyens nouveaux capables de résoudre le primordial problème de l'alimentation.

Après avoir envisagé ces questions d'économie sociale, M. Crookes nous ramène sur le domaine de la science pure. Il rappelle d'abord la dernière conquête qui couronne les brillantes recherches sur les basses températures, conduites par le professeur Dewar à son laboratoire de l'Institution royale. Le 10 mai dernier, ce savant réussit à liquéfier l'hydrogène et l'hélium. L'hydrogène bout à — 238° C à la pression ordinaire, et à — 250° C dans le vide, ce qui permet d'arriver maintenant jusqu'à 23° du zéro absolu. La densité de l'hydrogène liquide n'est que le 1/14 de celle de l'eau, mais on le manipule aussi aisément que l'air liquide. Il est certain que l'étude des propriétés des corps près du zéro absolu donnera des résultats d'une importance extraordinaire. Déjà les thermomètres à platine ne peuvent plus servir, la température de l'hydrogène bouillant étant peu éloignée du point où la conductivité du platine devient infinie. Ces recherches fourniront en tout cas des arguments dans l'étude de la constitution et des propriétés absolues ultimes de la matière.

Dans le domaine des découvertes chimiques, il faut rappeler ces éléments peu connus mais très intéressants, découverts dans le courant de l'année par le professeur Ramsay et le Dr Travers. Ces savants ont annoncé l'existence de trois nouveaux gaz : le krypton, le néon et le métargon. Il n'est pas encore démontré que ces gaz, connus principalement par leur spectre, soient de véritables éléments ou s'ils sont eux-mêmes formés d'autres corps connus ou inconnus. Le professeur Nasini annonce avoir découvert dans les gaz volcaniques de Pozzuoli l'élément hypothétique appelé coronium, qui est supposé fournir la raie brillante 5316,9 du spectre de la couronne solaire. Par analogie, on est amené à penser que cet élément est plus léger et plus diffusible que l'hydrogène, et l'étude de ses propriétés ne peut manquer de donner des résultats intéressants. Il reste encore au spectroscopiste à découvrir les éléments célestes inconnus : l'aurorium, ayant une raie caractéristique à 5570,7, et le nebulum, présentant deux raies brillantes 5007,05 et 4959,02.

La découverte fondamentale par Hertz des ondes électromagnétiques, prévues il y a plus de trente ans par Maxwell, a conduit à l'application pratique de la télégraphie sans fils. La possibilité de ce mode d'intercommunication avait été démontrée par O. Lodge au meeting d'Oxford de l'Association Britannique, en 1894 ; mais on doit à Marconi d'avoir conduit, avec l'aide de divers gouvernements, des expériences sur une grande échelle. Le récepteur dans ce système est un organe dont la sensibilité peut, dans certains cas, être comparée à celle de l'œil lui-même. Le fait observé par Lodge en 1889, qu'un intervalle infinitésimal entre deux pièces métalliques soumis à une décharge électrique devient conducteur, a été retrouvé par Branly sous une forme plus définie et appliqué par lui à déceler les ondes hertziennes. C'est ce genre de détecteur d'ondes qui est appliqué dans la télégraphie sans fils. Ce système présente, en somme, plus d'analogie avec la télégraphie optique qu'avec la télégraphie électrique ordinaire, car l'impulsion est transmise du transmetteur au récepteur par un processus qui est essentiellement celui de la propagation de la lumière.

De nombreux observateurs s'occupent de l'étude du phénomène découvert par Zeeman, consistant en ce qu'une source de radiations est affectée par un champ magnétique intense de telle manière que la lumière d'une certaine réfrangibilité est divisée généralement en trois composantes dont deux sont déplacées des deux côtés de la position moyenne et polarisées en sens opposé par rapport à la troisième composante. Les différentes raies du spectre sont différemment affectées; quelques-unes sont triplées avec différents degrés d'intensités relatives, d'autres sont doublées ou quadruplées, quelques-unes même sextuplées, certaines enfin ne sont pas modifiées. De plus, alors que dans la généralité des cas, la polarisation observée indiquerait que la source de lumière est due à des mouvements d'un ion négatif, quelques raies seraient polarisées en sens inverse. Ces phénomènes, dont Faraday déjà avait soupçonné l'existence et que M. Fievez, de l'Observatoire royal de Bruxelles, avait entrevus expérimentalement, fournissent de nouvelles bases pour l'étude des mouvements moléculaires et de leurs relations avec l'éther.

Il convient de mentionner ici la remarquable série de mémoires sur les relations entre l'éther et la matière publiés par J. Larmor dans les Comptes rendus de la Société Royale.

Quelques progrès sont à noter dans la construction des tubes de Rœntgen : l'un des plus heureux a été suggéré par M. S. P. Thompson et consiste à employer pour l'anticathode un métal de grand poids atomique. On a employé avec succès l'osmium et l'iridium. Dès 1896, on avait constaté au laboratoire de M. Crookes que les tubes à anticathode en uranium donnaient de meilleurs résultats qu'avec le platine; le thorium a également été expérimenté. Rœntgen a rappelé l'attention sur le fait que la puissance de pénétration des rayons dépend du degré de vide dans les tubes qui les produisent. Benoit a soumis à une nouvelle étude la relation entre la densité des corps et leur opacité pour les rayons et il a constaté certaines divergences : le platine et le palladium, par exemple, présentent presque la même opacité, tandis que leurs densités et poids atomiques sont très différents. Au dernier meeting de l'Association britannique était exposé l'appareil des professeurs Cox et Callendar pour la mesure de la vitesse des rayons Rœntgen, qui, d'après ces observateurs est certainement supérieure à 200 km par seconde. Majorana a fait de nouvelles déterminations et a trouvé 600 km par seconde avec une limite inférieure de 150 km par seconde. Il est à remarquer que J.-J. Thomson a trouvé pour les rayons cathodiques une vitesse de 10 000 km par seconde, et il est fort improbable que la vitesse des rayons Rœntgen soit inférieure à celle-ci.

Trowbridge a vérifié le fait annoncé par S.-P. Thomson que le spath-fluor, après avoir été dépourvu par un échauffement prolongé du pouvoir de devenir luminescent par une élévation de température, reprend ce pouvoir sous l'action des rayons de Rœntgen. L'exposition à l'effluve lumineux électrique produit un effet analogue, mais non à l'exposition à la lumière ultra-violette. Quant à l'action des rayons sur les bactéries, les résultats sont jusqu'à présent contradictoires. La circonstance que la rétine normale de l'œil est un peu sensible aux rayons, a été confirmée par Dorn et par Rœntgen lui-même.

La nature essentiellement ondulatoire des rayons Rœntgen est confirmée par le fait démontré par plusieurs de nos grands physiciens que la lumière de très petite longueur d'onde ne serait que très peu absorbée par les milieux matériels ordinaires et ne serait pas réfractée dans le sens ordinaire du mot. En fait, une base théorique pour la compréhension des rayons de Rœntgen avait été établie avant même leur découverte. Au meeting de Liverpool de l'Association Britannique, différents auteurs, sir G. Stokes en tête, ont exprimé leur conviction que c'est dans la perturbation du champ électrique produite par l'arrêt soudain d'un atome chargé que doit

être cherchée l'explication des phénomènes extérieurs au tube de Crookes, phénomènes si remarquablement étudiés par Lenard et par Rœntgen. Dans le plus récent exposé de sa théorie pulsatoire, sir Stokes [1] maintient que les rayons sont de la nature d'ondes transversales, malgré l'absence de polarisation constatée une fois de plus par les minutieuses expériences du Dr L. Graetz. Le professeur J.-J. Thomson élabore actuellement les détails de cette théorie.

Tandis que l'opinion générale des physiciens semble s'arrêter à la théorie ondulatoire des rayons Rœntgen, un courant opposé se fait jour en ce qui concerne la nature physique des rayons cathodiques; il devient de plus en plus évident que les rayons cathodiques sont composés d'atomes ou ions électrifiés en mouvement de progression rapide. L'idée de Crookes d'un quatrième état de la matière, émise en 1881 et au début fortement combattue, commence à être acceptée. Elle est soutenue par J.-J. Thomson et confirmée par la découverte de Zeeman; la théorie de Larmor implique également l'idée d'un état ionique de la matière. La vitesse des courants moléculaires de Crookes a été mesurée approximativement, principalement à l'aide de la découverte faite il y a près de vingt ans par ce savant de la courbure de la trajectoire dans un champ magnétique et de la propriété de rendre phosphorescents les corps que les rayons rencontrent. Les deux quantités inconnues, charge et vitesse de chaque atome, sont mesurables par la grandeur de la courbure et à l'aide d'une autre expérience indépendante.

On ne peut dire qu'une théorie complète et concluante de ces rayons ait été formulée. Il est généralement admis que des collisions entre particules donnent naissance à l'intéressante classe de radiations à très haute fréquence découverte par Rœntgen. On savait que, puisqu'un corps chargé en mouvement constitue un courant électrique, un changement brusque du mouvement doit produire une perturbation électrique alternative qui, quoique rapidement amortie, produit dans l'éther une onde se propageant avec la vitesse de la lumière, mais d'une longueur comparable aux dimensions du corps émetteur. Si l'obstacle recevant le choc des atomes chargés comporte des particules capables d'entrer en vibration rythmique, l'énergie ainsi absorbée réapparaît sous forme de lumière, et le corps devient phosphorescent. L'effet dépend de la constitution moléculaire et chimique du corps. Il semblerait qu'avec un corps non phosphorescent l'énergie du choc moléculaire réapparaisse sous forme de pulsations si brusques et si irrégulières qu'elles fournissent une grande quantité de rayons de très petite longueur d'onde, soit de rayons Rœntgen. La phosphorescence ainsi excitée peut durer seulement une fraction de seconde comme pour certains constituants de l'yttria dont les raies subsistent de 0,003 à 0,0009 seconde, tandis que pour d'autres corps tels que les sulfures des terres, l'émission de lumière peut durer des heures. Les corps très phosphorescents peuvent être excités par la lumière, mais la plupart nécessitent une excitation électrique. On sait maintenant que quelques corps peuvent sans excitation spéciale émettre des rayons parents sinon identiques aux rayons de Rœntgen. L'uranium et le thorium paraissent être dans ce cas, et il semble même que ce pouvoir émissif soit une propriété générale de la matière, car le Dr Russell a montré que presque tous les corps impressionnent la plaque photographique par une exposition suffisamment longue dans l'obscurité.

Les rayons de Becquerel émis par l'uranium et ses composés ont maintement leurs analogues dans les rayons — découverts presque simultanément par Curie et Schmidt [1] — émis par le thorium et ses composés. Les

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 374, 26 février 1898.

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 199, 347 et 384, 30 avril, 21 et 28 mai 1898.

rayons du thorium impressionnent la plaque photographique à travers des écrans de papier et d'aluminium, ils sont absorbés par les métaux et d'autres corps denses; ils ionisent l'air en le rendant conducteur et ils peuvent être réfractés et sans doute réfléchis, au moins diffusés. A l'encontre des rayons de l'uranium, ceux du thorium ne sont pas polarisés par leur passage à travers la tourmaline, et ressemblent donc à ce point de vue aux rayons de Rœntgen.

Tout récemment, M. et Mme Curie (1) ont annoncé une découverte qui ne peut manquer de faciliter les recherches dans cette branche obscure de la physique. Ils ont fait connaître un nouvel élément constituant de la pechblende (uranite), lequel possède quatre cents fois le pouvoir de l'uranium d'émettre une forme d'énergie capable d'impressionner une plaque photographique et de décharger les corps électrisés en rendant l'air conducteur. L'activité rayonnante du nouveau corps, auquel ces auteurs ont donné le nom de polonium, ne nécessiterait pour se manifester aucune excitation lumineuse ou électrique; comme l'uranium, il dérive son énergie d'une source inconnue, se régénérant continuellement et inépuisable.

Il existe dans la nature de grandes réserves d'énergie où peuvent puiser, sans cause extérieure évidente, des corps d'une constitution appropriée. L'éther contient d'énormes quantités d'énergie, et il n'est pas difficile d'élargir la conception des démons de Maxwell en supposant ceux-ci soumis à des lois inflexibles et pouvant ainsi fournir au philosophe un nouvel outil de recherches. Il est possible de concevoir un corps capable de trier les molécules de l'air ambiant en séparant celles animées d'un mouvement rapide de celles se mouvant plus lentement. Un tel triage s'opère par exemple dans un liquide qui s'évapore. L'uranium ou le polonium, corps aux atomes les plus denses, peuvent avoir une structure telle qu'ils repoussent les molécules lentes de l'atmosphère, tandis que les molécules à mouvement rapide qui viennent les frapper sont dépouillées d'une partie de leur énergie qui se communique au corps formant obstacle. L'énergie ainsi acquise semble être employée en partie pour dissocier quelques-unes des molécules du gaz, et en partie pour engendrer une ondulation dans l'éther qui, étant produite par un phénomène aussi complexe que des chocs de molécules de l'air, doit fournir une grande proportion de rayons lumineux de petite longueur d'onde. Le refroidissement de l'air dû au soutirage d'énergie serait imperceptible, en raison de l'arrivée de nouvelles quantités d'énergie par rayonnement et conduction, et l'uranium paraîtrait ainsi émettre perpétuellement des rayons d'énergie sans source extérieure apparente. L'énergie totale des mouvements de translation et internes des molécules de l'air à la pression et à la température ordinaire est d'environ 23 000 kilogrammètres par mètre cube. Cette énorme accumulation d'énergie, que l'uranium et d'autres atomes lourds sont capables d'utiliser naturellement, donnera peut-être au xxe siècle les moyens de rejeter dans l'ombre les merveilles du xixe.

M. Crookes expose ensuite quelques-uns des derniers résultats obtenus dans sa longue suite de recherches sur le fractionnement de l'yttria. Il a surtout étudié récemment les raies de la partie ultra-violette du spectre qui ne peuvent être enregistrées que par la photographie; il y a découvert six groupes de raies s'étendant jusqu'à $\lambda = 3060$. Pour ces recherches, l'auteur a commencé par fractionner par une méthode particulière une grande quantité d'un groupe de terres rares, et ces fractions, différant peu les unes des autres comme composition, ont été disposées individuellement dans le spectrographe, et le spectre de chacune d'elles a été enregistré sur une pellicule sensible spécialement préparée. En choisissant ensuite une des portions donnant une série bien définie de raies et en la soumettant à de nouvelles méthodes de fractionnement, M. Crookes, souvent

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 252, 6 avril 1898.

après de longs essais infructueux, réussissait à séparer les bandes spectrales en de nouveaux groupes variés. Les recherches sont loin d'être complètes, mais un des éléments nouveaux a été nettement défini. Un groupe de raies, d'abord très faible et remarquable seulement par son isolement, a été découvert dans les régions éloignées de l'ultra-violet; l'intensité de ces raies a été augmentée en purifiant la terre qui les fournit; elles appartiennent à un élément dont l'existence a été vérifiée par des déterminations de poids atomiques. Comme ce groupe de raies est complètement isolé presque à l'extrémité du spectre ultra-violet, le nouvel élément a reçu le nom de « monium », du grec μόνος, seul. Cet élément diffère des éléments gazeux récemment découverts en ce qu'il présente une individualité fortement marquée; mais il forme un grand nombre de combinaisons chimiques. Les longueurs de ses raies principales sont 3 120 et 3 117; les raies moins apparentes se trouvent en 3 129, 3 064 et 3 060. Le poids atomique de l'élément, en admettant la forme d'oxyde R^2O^3, n'est pas éloigné de 118, c'est-à-dire qu'il est compris entre ceux de l'yttrium et du lanthane.

Voici donc un nouveau corps ajouté à la liste déjà longue des éléments de la classe des terres rares, ces « astéroïdes de la famille terrestre »; et de même que les astéroïdes célestes, sans importance individuelle, acquièrent un grand intérêt dès qu'on les envisage comme les restes incomplètement coagulés de la nébuleuse première, de même ces éléments rares, en eux-mêmes insignifiants, prennent une importance suprême quand on les envisage comme les parties composantes d'un élément dominant et ayant subi incomplètement la transformation du protyle original en un des éléments de la famille ordinaire qui ont leurs places marquées dans le casier édifié par Newlands et Mendeleeff.

A. Hess.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Usine d'éclairage électrique avec moteurs à gaz naturel, à Lafayette (Indiana) (1).

Cette usine est caractérisée par l'emploi de moteurs à gaz de grande puissance (unités de 125 chevaux) et par l'utilisation du gaz naturel comme combustible. L'intérêt qui s'attache à l'emploi des moteurs à gaz dans les usines génératrices d'énergie électrique nous engage à en donner une description détaillée.

Elle est installée dans un bâtiment en briques de 13,5×18 m et peut contenir trois groupes générateurs composés chacun d'un moteur à gaz de 125 chevaux entraînant par courroie un alternateur biphasé de 60 kilowatts. Deux groupes seulement sont installés à l'heure actuelle. La figure 1 donne le plan de cette usine qui alimente environ 40 arcs enfermés et 1 000 lampes à incandescence.

Les génératrices sont des alternateurs biphasés de Westinghouse, à 2 100 volts et 7 200 alternances par minute; leur vitesse angulaire est de 900 tours par minute; elles peuvent supporter une surcharge constante de 25 pour 100 sans que leur température s'élève de plus de 50° C. au-dessus de la température ambiante.

La transmission se fait à 2 100 volts et la tension est ramenée, pour la distribution, à 104 volts environ par des transformateurs pouvant alimenter de 100 à 200 lampes chacun.

En outre, un circuit spécial à courant continu a été établi pour alimenter des moteurs; le courant continu est obtenu au moyen d'un

(1) *American Electrician*, juin 1898, p. 231.

transformateur rotatif de Westinghouse d'une puissance de 50 chevaux, installé à l'usine ; il a quatre pôles et tourne à raison de 1 800 tours par minute ; il est alimenté par deux transformateurs à l'huile qui ramènent la tension à 400 volts ; il fournit du courant continu à 500 volts, la distribution de force motrice se faisant à trois fils, pour moteurs de 250 ou 500 volts ; le fil neutre est relié au milieu du secondaire de chacun des deux transformateurs à l'huile. Pour mettre en marche le moteur à induction biphasé qui entraîne le transformateur rotatif, on commence par amener ce moteur au synchronisme en démarrant avec un voltage très réduit qu'on augmente ensuite en changeant successive-

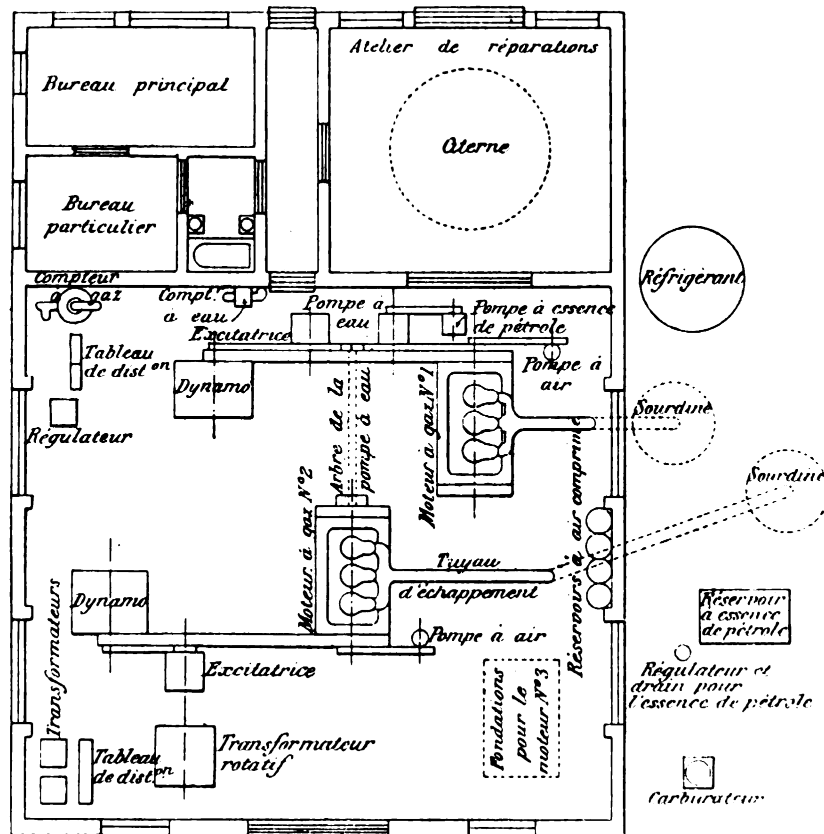


Fig. 1. — Plan de l'usine de Lafayette (Indiana).

ment les connexions au tableau au moyen de deux commutateurs à quatre pôles ; le secondaire du transformateur est, dans ce but, convenablement divisé en sections et relié au tableau. La mise en train dure de une minute et demie à deux minutes et demie.

Les moteurs à gaz, qui forment la partie la plus intéressante de l'installation, sont construits par la Westinghouse Machine C° ; ils sont garantis pour fournir le cheval-heure effectif avec une dépense de 375 à 400 litres de gaz naturel dont le pouvoir calorifique est très élevé.

Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

Puissance.	125 chev. au frein
Nombre de cylindres . . .	3 »
Diamètre des cylindres . .	330,2 mm
Course des pistons	355.6 »
Angle de calage des manivelles.	120°
Nombre de tours par minute	265

En temps normal, ils sont alimentés par le gaz naturel, très abondant dans ces contrées; mais comme le débit du gaz naturel est supprimé pendant les temps très froids, une seconde tuyauterie a été disposée pour pouvoir les alimenter au gaz de ville. Dans ces derniers temps on a aussi installé, à l'extérieur de l'usine, un réservoir à essence de pétrole et un carburateur, afin de pouvoir, au besoin, faire fonctionner ces moteurs au pétrole. Dans ce dernier cas, on place sur le fond de chaque cylindre un chapeau spécial

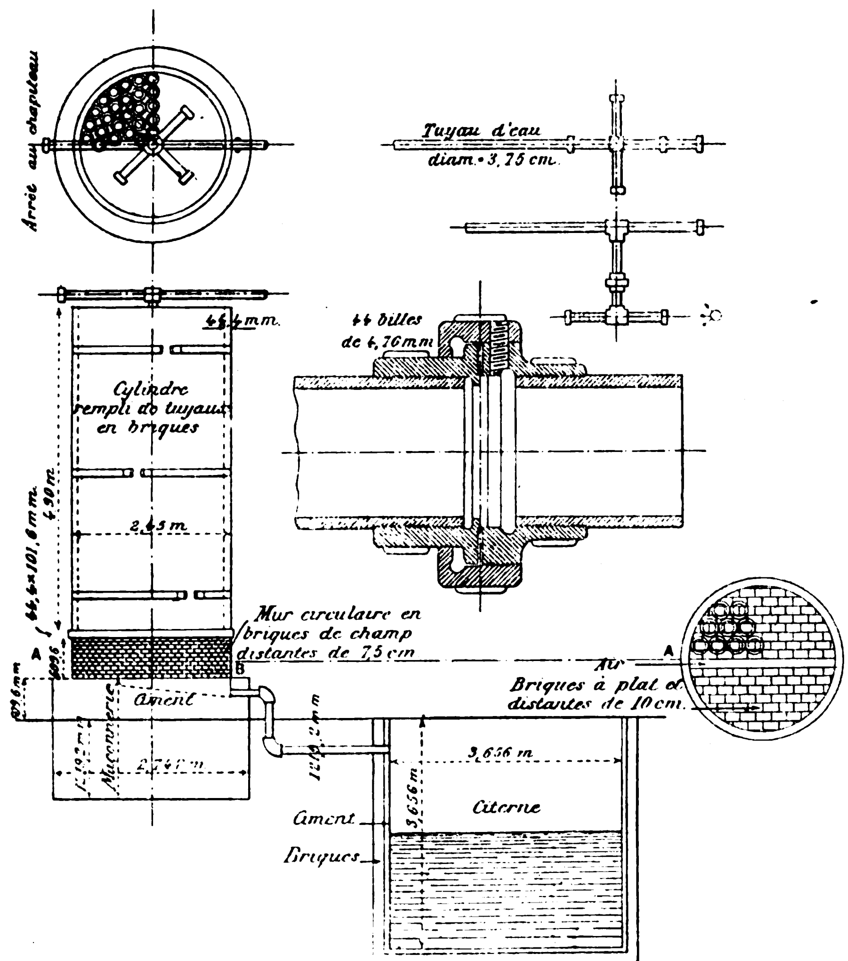


Fig. 2. — Détails du réfrigérant.

qui augmente l'espace mort et, ainsi, diminue la compression; sans cela, l'élévation de température engendrée par la compression serait suffisante pour provoquer des explosions prématurées.

Le refroidissement est effectué par une circulation d'eau dans l'enveloppe des cylindres; une citerne cylindrique de 3,66 m de diamètre et 3,656 m de hauteur (38,255 m³ de capacité) est disposée dans ce but sous le plancher de l'atelier de réparations, comme l'indiquent les figures 1 et 2; il faut de 15 à 20 litres d'eau par cheval et par heure pour le refroidissement; à sa sortie des cylindres, cette eau a atteint la température de 80 ou 85° C. Afin de pouvoir utiliser toujours la même eau, ce qui procure le double avantage de diminuer la dépense et de réduire au minimum les incrustations, on a disposé un réfrigérant. Celui-ci est formé par un cylindre

ou une tour en métal, haute de 4,85 m, et dont le diamètre a 2,45 m, remplie de tuyaux en poterie de 12,5 cm de diamètre, 1,9 cm d'épaisseur et superposés par bouts de 30 cm de hauteur; l'eau qui a été échauffée dans les moteurs ruisselle le long de ces tuyaux et y est refroidie par les courants d'air; elle retourne ensuite à la citerne, comme on peut s'en rendre compte sur le dessin (fig. 2).

L'eau de refroidissement est mise en circulation par une pompe qui est actionnée par l'un quelconque des moteurs au moyen d'un arbre placé sous le plancher.

Le démarrage des moteurs à gaz est effectué par un dispositif particulier. Comme on peut le voir sur la figure 1, chaque moteur entraîne, outre l'excitatrice de l'alternateur, une petite pompe à air qui sert à remplir un réservoir de 200 litres de capacité d'air comprimé, à la pression de 11,25 kg : cm². Lors de la première mise en marche, les pompes sont manœuvrées à la main ; la pression est ensuite maintenue dans les réservoirs par quelques coups de pompe donnés chaque jour. Une tuyauterie spéciale relie le réservoir à un des cylindres du moteur; une soupape est disposée dans ce tuyau; en temps ordinaire, elle est fermée, mais, au moment du démarrage, en manœuvrant les cames qui commandent les soupapes d'admission et d'échappement, on supprime l'arrivée du gaz dans ce cylindre, tout en la maintenant dans les deux autres, et on y admet l'air comprimé ; il fonctionne dès lors comme un moteur à air comprimé ; au bout de trois ou quatre tours, les deux autres cylindres sont amorcés; on supprime l'air comprimé et on rétablit le gaz dans le premier cylindre. La mise en marche s'effectue ainsi très simplement.

La régulation de la vitesse angulaire ne se fait pas comme d'ordinaire en supprimant l'admission pendant une ou plusieurs périodes, mais bien en admettant à chaque période une quantité plus ou moins grande du mélange explosif dont la composition est constante. Comme le moteur est à quatre temps, si l'on avait adopté le premier mode de régulation, la vitesse angulaire aurait subi des variations trop importantes dont la fixité de l'éclairage se serait ressentie. La régulation adoptée a donné d'excellents résultats.

Le gaz naturel coûte environ 1,24 centime le mètre cube; le cheval-heure revient, dans ces conditions, à un prix très bas. Le gaz a d'ailleurs un pouvoir calorifique très élevé : 9 350 cal. par m³ ; il doit être dilué dans 12 à 14 volumes d'air pour donner un mélange explosif convenable. Il est donc supérieur à tous les points de vue au gaz de ville ou aux gaz pauvres. G. P.

Disjoncteur automatique pour alternateurs ;

Par Léonard ANDREWS.

Lorsque plusieurs alternateurs sont couplés en parallèle sur les barres d'un même tableau, il est utile d'intercaler dans le circuit de chacun d'eux un appareil qui le met hors circuit s'il vient à fonctionner comme moteur. L'emploi d'un disjoncteur magnétique dans ce but semble difficile quand on réfléchit que le courant change de sens plusieurs milliers de fois par minute. L'appareil décrit par M. Léonard Andrews dans *The Electrical Engineer*, de Londres, et dans *American Electrician* résout très bien le problème.

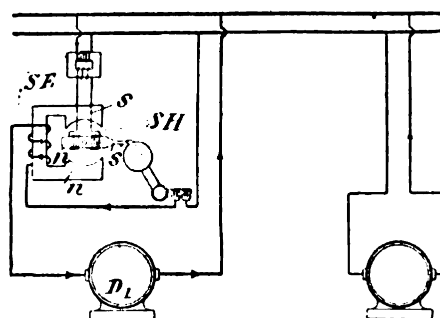


Fig. 1. — Schéma des communications du disjoncteur Léonard Andrews.

Il est représenté schématiquement dans la figure 1.

D_1 est l'alternateur dans le circuit duquel il est intercalé. Il consiste en un petit moteur shunt dont l'inducteur est garni d'un faible nombre de tours d'un conducteur à grosse section parcouru par le courant total. L'induit mobile SH est enroulé en fil fin, relié

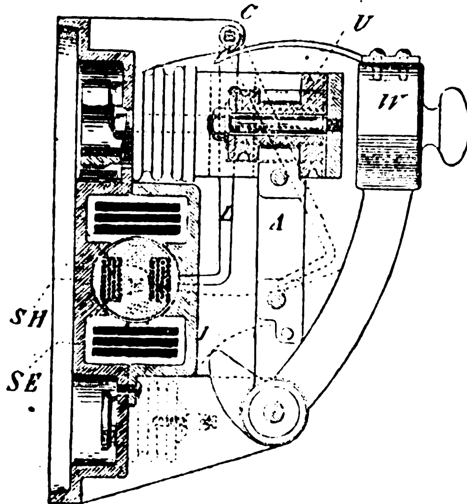


Fig. 2. — Coupe du disjoncteur Andrews.

par un petit transformateur aux rails du tableau. Dans les conditions normales, l'armature tend à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre ; un doigt dont elle est munie vient s'engager, dans ces conditions, dans le verrou du commutateur représenté à droite et l'empêche de fonctionner. Si le sens du courant dans l'alternateur D_1 est renversé, c'est-à-dire si cet alternateur tend à fonctionner comme moteur, l'armature SH tourne en sens inverse et dégage le commutateur qui ouvre le circuit de l'alternateur.

La figure 2 donne une coupe de l'appareil tel qu'il est employé à l'usine d'Hastings.

G. P.

Propositions pour une méthode unitaire de représentation des qualités magnétiques du fer ;

Par Hubert KATH [1].

A la suite de la communication publiée dans le précédent numéro (p. 37) l'auteur fait observer que pour pouvoir facilement comparer les courbes de différents fers, il serait très avantageux d'avoir un système de représentation universellement accepté. Un tel système devrait être à la fois simple et général, caractérisant par une ou deux courbes les qualités magnétiques importantes.

L'auteur propose le système suivant :

1° Les propriétés magnétiques de chaque sorte de fer sont représentées suffisamment dans la pratique :

a.) Par une courbe d'aimantation virginale, de l'état neutre du fer, $\mathcal{H} = 0$, $\mathcal{B} = 0$, jusqu'aux champs d'environ $\mathcal{H} = 150$ C.G.S., [pour l'acier trempé jusqu'à 300 C. G. S.] ;

b.) Par une courbe d'hystérésis d'un cycle entre $\mathcal{H} = +150$ C. G. S. et $\mathcal{H} = -150$ C. G. S., [pour l'acier trempé $\mathcal{H} = \pm 300$ C. G. S.]. Il suffit de tracer la moitié supérieure de la courbe.

2° Dans les courbes décrites on choisit :

a.) L'échelle de l'induction $\mathcal{B}$ égale à 1 mm = 100 C. G. S. ;

b.) L'échelle des intensités du champ $\mathcal{H}$ en général à 2 mm = 1 C. G. S. [dans les courbes de l'acier trempé 2 mm = 2 C. G. S.].

3° Pour les publications on peut employer des échelles réduites au demi ou au quart.

Les courbes de la figure 9 (p. 41) ont été tracées dans ces conditions ; l'échelle de réduction est 1/2.

La courbe d'aimantation originale nous donne les différentes valeurs $\mathcal{B}$ correspondant aux valeurs croissantes de $\mathcal{H}$, c'est-à-dire la perméabilité $\mu = \mathcal{B}/\mathcal{H}$. L'intensité maxima $\mathcal{H} = 150$ correspond dans la plupart des cas à l'état de saturation du point de vue technique, et la courbe donne tous les renseignements dont on a besoin pour le calcul des inducteurs, transformateurs, etc.

Pour l'étude des propriétés de l'acier trempé il faut trouver la grandeur du magnétisme rémanent et la force coercitive, mesurés après une aimantation très forte. On peut admettre que des aimantations jusqu'à un champ de 300 C. G. S. seront assez fortes pour donner des résultats dignes de confiance.

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, 1898, p. 407.

Pour le fer laminé une courbe d'hystérésis prise entre les deux points + 150 et — 150 C. G. S. ne semblera peut-être pas suffisante aux constructeurs des transformateurs ; car l'on sait qu'aucune formule n'existe pour calculer avec sûreté toutes les valeurs des pertes par hystérésis en fonction d'un coefficient donné [1]. La courbe indiquée ne doit donc servir qu'à juger de la bonté du métal. Pour les calculs spéciaux on fera mieux de déterminer plusieurs courbes des pertes par hystérésis. On déterminera pour exemple les valeurs pour $\mathfrak{B} = 10\,000$ et $\mathfrak{B} = 5\,000$, entre lesquelles l'interpolation permet des lectures assez exactes.

L'emploi des inductions $\mathfrak{B}$ $(= 4\pi \mathfrak{I} + \mathfrak{H})$ comme ordonnées se recommande à cause de l'usage général de cette grandeur dans presque toutes les publications ; d'autre part, par l'introduction des abscisses $\mathfrak{H}$ toutes les valeurs sont exprimées en unités C. G. S. Le calcul des ampèretours se fait facilement d'après la formule

$$\mathfrak{H} = 0{,}4\,\pi \text{ amp-tours par cm},$$

de telle sorte qu'il n'y a aucun inconvénient à conserver l'uniformité des échelles.

Détermination de la durée économique des lampes à incandescence ;

Par F.-W. CARTER [2].

On sait que le nombre de watts par bougie qu'exige une lampe à incandescence augmente avec le temps écoulé depuis sa mise en service. Il arrive donc un moment où la consommation de la lampe est tellement grande qu'il peut être plus économique de briser la lampe et de la remplacer par une neuve que de continuer à en faire usage. Ce moment dépend évidemment des deux facteurs suivants : le prix d'achat de la lampe et le prix d'achat de l'unité d'énergie ; si la lampe coûte bon marché et l'énergie cher, il y a intérêt à changer souvent de lampe ; si au contraire le coût de la lampe est grand et celui de l'énergie faible il est préférable d'augmenter la durée du service de la lampe.

La détermination du nombre d'heures au bout desquelles il convient de changer la lampe peut s'effectuer simplement par la méthode suivante, qu'indique l'auteur.

Calculons à un moment quelconque de la vie d'une lampe le nombre de bougies-heure qu'elle a fournies et d'autre part la dépense totale (prix d'achat + dépense d'énergie) qu'elle a occasionnée, puis en divisant la première quantité par la dernière, déterminons le nombre moyen de bougies-heure par franc ; c'est au moment où ce nombre devient maximum qu'il est économique de briser la lampe. Or si l'on connaît la courbe APP′ (fig. 1) représentant la variation de l'intensité lumineuse avec le temps, le nombre de bougies-heure fournies au bout du temps ON sera proportionnel à l'aire OAPN ; de même si l'on connaît la courbe BQQ′ représentant la variation avec le temps de la puissance qu'exige la lampe, l'aire OBQN donnera, à un facteur près, la dépense d'énergie faite depuis la mise en service de la lampe, et en ajoutant à cette aire celle du rectangle CDEB, égale au quotient du prix d'achat de la lampe par le facteur de proportionnalité dont il vient d'être question, on aura une aire OCDEBQN proportionnelle à la dépense totale occasionnée par la lampe depuis sa mise en service. En appelant A_1 cette aire et A l'aire APN, la durée la plus économique de la lampe sera déterminée par la relation

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{A}{A_1}\right) = 0, \qquad (1)$$

laquelle peut s'écrire

$$A_1 \frac{dA}{dt} - A \frac{dA_1}{dt} = 0.$$

Mais les dérivées de A et de A_1 par rapport au temps sont les ordonnées NP et NQ des deux courbes à l'instant t; par conséquent en

---

[1] Le coefficient η de Steinmetz n'est qu'une constante très approximative, dont les valeurs spéciales diffèrent jusqu'à 40 p. 100.

[2] *The Electrical Review*, Londres, t. XLIII, p. 263, 19 août 1898.

désignant respectivement par y et y_1 ces ordonnées, la relation précédente devient

$$A_1 y - A y_1 = 0$$

ou

$$\frac{A}{A_1} = \frac{y}{y_1}.$$

Au moyen d'un planimètre, mesurons A et A_1 pour l'instant $ON = t$, prenons leur rapport et sur l'ordonnée du point N portons une longueur NM proportionnelle à ce rapport ; sur la même ordonnée portons une longueur NL proportionnelle au rapport de y à y_1. Faisons de même pour l'instant $t' = ON'$ peu différent de t ; nous obtenons les points correspondants M′ et L′. La droite MM′ peut être considérée comme représentant approximativement la variation du rapport des aires avec le temps ; de même la droite LL′ peut être considérée comme représentant approximativement la variation du rapport des ordonnées ; par conséquent l'abscisse ON″ de leur point de rencontre R donnera, avec une approximation très suffisante pour la pratique, le moment où la relation (1) est satisfaite, c'est-à-dire le moment à partir duquel il n'est plus économique de maintenir la lampe en service.

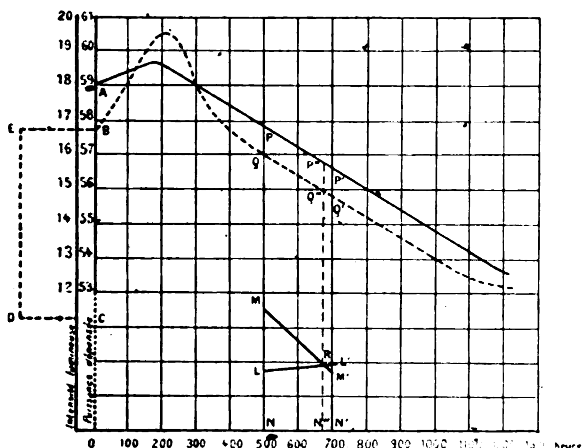


Fig. 1. — Diagramme pour la détermination de la durée économique des lampes à incandescence.

L'auteur fait remarquer que, la condition (1) correspondant aussi bien à un minimum qu'à un maximum du rapport des aires, il se pourrait que la construction précédente conduisît au moment pour lequel ce rapport est minimum et par conséquent ne donnât pas la solution du problème proposé. Mais puisque le rapport $\frac{A}{A_1}$, nul à l'instant zéro, va d'abord en croissant avec le temps, la première valeur de t satisfaisant à la relation (1) correspondra nécessairement à un maximum, et pour qu'il y ait ensuite un minimum il faudrait que la forme des courbes APP′ et BQQ′ soit différente de celle qu'ont donnée tous les essais faits jusqu'ici ; la solution trouvée correspondra donc toujours, avec les lampes de construction courante, au problème cherché.

Néanmoins on peut envisager le cas où il y aurait un minimum. Dans ce cas, la dérivée seconde du rapport des aires serait positive, c'est-à-dire qu'on devrait avoir

$$\frac{1}{A_1^2}\left(A_1 \frac{d^2A}{dt^2} - A \frac{d^2A_1}{dt^2}\right) > 0$$

quand la relation (1) est satisfaite.

Cette condition peut s'écrire

$$y_1 \frac{dy}{dt} - y \frac{dy_1}{dt} > 0$$

Si l'on mène les tangentes aux courbes APP′ et BQQ′ aux points P″ et Q″ ayant pour abscisses le temps ON″ trouvé par la construction, et qu'on les prolonge jusqu'à leurs rencontres avec l'axe des abscisses en S et T (non représentées sur la figure pour ne pas augmenter les dimensions de cette figure), on a :

$$\frac{dy}{dt} = \frac{N''P''}{SN''} = -\frac{y}{N''S}, \quad \frac{dy_1}{dt} = \frac{N''Q''}{TN''} = -\frac{y_1}{N''T}$$

et l'inégalité précédente devient

$$\frac{yy_1}{N''S \times NT}\left(N''S - N''T\right) > 0,$$

c'est-à-dire

$$N''S - N''T > 0.$$

On reconnaîtrait donc facilement que la solution trouvée correspond à un minimum, et par suite devrait être rejetée, à ce que la tangente en P″ à la courbe de l'intensité lumineuse couperait l'axe des abscisses en un point S plus éloigné que celui T où cet axe est rencontré par la tangente en Q″ à la courbe de la puissance. J. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur divers procédés d'observation de la résonance électrique ;

Par A. Turpain (1).

Dans cette communication l'auteur rappelle les différents procédés qui ont été employés pour observer la résonance électrique d'un conducteur placé dans un champ hertzien (méthode du micromètre, du pont métallique, etc.) et décrit un procédé nouveau basé sur la propriété suivante, découverte par l'auteur trois ans auparavant :

Un résonateur circulaire présentant une coupure (outre la coupure de faible longueur dans laquelle jaillissent les étincelles) fonctionne avec une facilité au moins égale à celle que montre un résonateur complet (2). (La figure 2 de la page 76 représente un résonateur de ce genre.)

Pour étudier un champ hertzien au moyen de ce résonateur il suffit de relier aux deux bouts du fil laissant entre eux la coupure, un circuit contenant une pile et un téléphone ; quand des étincelles jailliront à l'interrupteur, le circuit se trouvera fermé à chaque étincelle et la membrane du téléphone entrera en vibration.

Ce procédé d'observation est beaucoup moins fatigant que celui qui consiste à observer les étincelles à l'interrupteur. En outre il est susceptible de donner une plus grande précision, car l'oreille sait apprécier la gamme des intensités avec une distinction des nuances autrement délicate que n'arrive à le faire l'œil ; et alors qu'à la vue on ne saurait dire si une étincelle est plus lumineuse à un endroit qu'à un autre, le téléphone, par le bruit qu'il transmet à l'oreille, permet à celle-ci de trancher sûrement la question.

Un autre avantage du procédé est qu'il permet de subdiviser les oscillations produites dans le résonateur en groupes plus nombreux que ne peut le faire l'observation micrométrique. En effet, l'œil cesse de pouvoir décomposer en impressions discontinues un phénomène lumineux périodique dont la période excède un dixième de seconde. Si donc le nombre des oscillations est de 50 billions par seconde, comme c'était le cas dans les expériences de M. Turpain, l'œil partagera ces oscillations en 10 groupes de 5 billions d'oscillations. D'autre part, l'oreille est susceptible de percevoir des sons de 30 000 vibrations doubles par seconde ; elle sera par conséquent capable de scinder les 50 billions d'oscillations en 30 000 groupes d'environ un million et demi d'oscillations. Il est vrai que l'oreille doit être armée d'un téléphone, dont la membrane ne peut guère faire que 1 000 vibrations par seconde, mais même dans ces conditions la subdivision des oscillations électriques sera encore 100 fois plus grande qu'avec l'œil.

Une objection peut être faite à l'emploi de cette méthode du téléphone. L'entretien dans le circuit du résonateur d'un courant auxiliaire n'en change-t-il pas les conditions de fonctionnement ?

Pour répondre à cette objection il suffit de

(1) *Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, séance du 23 décembre 1897.

(2) Sur les expériences de Hertz. *Proc.-verb. Soc. sc. phys. et nat. Bordeaux*, avril 1895, p. 53.

supprimer complètement la pile. On se contente de fermer le résonateur coupé par un bon téléphone ; l'oscillation hertzienne se charge alors d'entretenir le téléphone. Il est facile de s'assurer que le régime du téléphone par rapport au résonateur n'a pas changé, en faisant successivement deux expériences avec et sans le secours de la pile. Le son perçu dans les deux cas est de même hauteur, il n'a perdu qu'en intensité.

On peut encore objecter à ce dernier dispositif que la présence même du téléphone dans le circuit du résonateur hertzien augmente la complexité de l'appareil et peut en changer les conditions de fonctionnement. Pour reconnaître si l'objection était fondée, M. Turpain a supprimé les liaisons du résonateur et du circuit téléphonique et a introduit dans ce circuit un microphone très sensible placé dans le voisinage de l'interrupteur du résonateur. Il a obtenu ainsi les mêmes résultats qu'avec les deux procédés précédents, mais avec de bien plus grandes difficultés de réglage.

Cette concordance des résultats légitime donc l'emploi de l'un des deux premiers procédés, d'un usage plus commode ; ils donnent d'ailleurs les mêmes résultats que le procédé micrométrique, comme l'auteur s'en est assuré par l'étude des sections nodales et ventrales du champ hertzien.

En terminant, M. Turpain fait observer que l'on peut remplacer le téléphone par tout autre appareil sensible aux passages du courant auxiliaire. Il a essayé des lampes à incandescence; mais comme le temps que met un filament à rougir est bien plus grand que celui que met une plaque de téléphone à vibrer, ce dispositif manque de sensibilité et n'offre guère qu'un intérêt démonstratif.

Par contre, si l'on ferme le circuit d'un résonateur à coupure par le circuit d'une pile contenant un galvanomètre, on dispose alors, pourvu qu'on prenne un très sensible galvanomètre apériodique, d'un appareil très délicat et pouvant en fait constituer un moyen commode d'observation de la résonance électrique.

Sur le résonateur de Hertz ;

Par A. Turpain [1].

Les procédés d'observation indiqués dans la note précédente ont été appliqués par l'auteur à l'étude systématique du champ hertzien produit par un excitateur et deux fils parallèles. Dans cette étude M. Turpain a recherché

1° Comment se comporte un résonateur suivant l'orientation de son plan par rapport aux directions principales du champ ;

2° L'influence qu'exerce sur les phénomènes observés la direction des étincelles à l'interrupteur ;

3° L'influence exercée par le résonateur lui-même ;

4° Celle de la position du micromètre sur le circuit du résonateur ;

5° Celle de la position de la coupure dans un excitateur coupé ;

6° L'effet de la coupure sur la longueur d'onde du résonateur ;

7° La différence des longueurs d'onde de deux résonateurs de longueurs différentes.

Les mesures de longueurs d'onde ont été faites soit en déplaçant le résonateur dans le champ, soit en laissant le résonateur fixe et déplaçant un pont jeté sur les deux fils.

I. Analyse du champ. — Prenant pour axe des x celui qui passe par les centres des boules de l'excitateur, pour axe des y celui qui est situé dans la direction des fils qui concentrent le champ, et pour axe des z une perpendiculaire aux deux premiers, l'auteur appelle :

Position I, celle du résonateur telle que son plan coïncide avec le plan des xz;

Position II, celle du résonateur telle que son plan coïncide avec le plan des xy;

Position III, celle du résonateur telle que son plan coïncide avec le plan des yz.

---

[1] *Procès-verbaux de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 20 janvier 1898. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 31 janvier 1898.

En plaçant un résonateur successivement dans l'une de ces positions et en le déplaçant parallèlement à lui-même, ou bien le laissant immobile, en déplaçant le pont, on constate l'existence de régions ventrales et nodales pour ces trois positions.

Si l'on mesure les longueurs d'onde, on trouve la loi suivante :

· *Les longueurs d'onde mesurées pour ces trois positions sont sensiblement égales.* On a :

$$\lambda_{I} = \lambda_{II} = \lambda_{III}$$

Les phénomènes sont en général très intenses dans la position II, moins intenses dans la position I, encore moins dans la position III.

Ainsi les distances explosives varient :

de 3	à 7	mm aux	ventres	de la position	II,
0,75	à 2	»	»	»	I;
0,05	à 0,1	»	»	»	III.

C'est dans cette dernière position que l'emploi du micromètre seul est assez pénible et que le secours du téléphone ou du galvanomètre est utile.

A chaque résonateur employé correspond pour les trois positions une longueur d'onde particulière caractéristique du résonateur.

Si l'on compare les positions respectives des ventres et des nœuds dans les trois positions, on peut énoncer cette loi :

2° *Les ventres et nœuds des positions* II *et* III *coïncident.*

Les ventres et nœuds de la position I *chevauchent sur ceux des positions* II *et* III.

Et si l'on a soin de rapporter la position II du résonateur au point occupé par l'étincelle du micromètre, on voit que :

3° *Les ventres pour la position* I *sont aux nœuds des positions* II *et* III, et inversement *les nœuds pour la position* I *sont aux ventres des positions* II *et* III.

II. Influence de la direction des étincelles au micromètre. — On a déterminé les positions des sections ventrales et nodales pour deux résonateurs présentant le même développement, aussi identiques que possible, et ne différant que par la disposition de la coupure du micromètre.

L'un B était muni d'un micromètre tel que la direction de l'étincelle était normale à la circonférence du résonateur en son plan.

L'autre B' était muni d'un micromètre tel que la direction de l'étincelle était tangente à la circonférence du résonateur.

Les résultats fournis par ces deux résonateurs sont les mêmes.

Le fonctionnement du résonateur semble donc indépendant de la direction de l'étincelle au micromètre.

Toutefois, les distances explosives maxima observées ont été sensiblement plus grandes avec le micromètre normal qu'avec le micromètre tangent.

III. Influence du résonateur. — Si l'on compare, dans le tableau des mesures faites à l'aide du déplacement du pont, la valeur des longueurs d'onde successives dans les trois positions, on voit que lorsque le résonateur a été placé de telle sorte qu'on puisse placer le pont entre l'excitateur et le résonateur, puis au delà du résonateur, la présence du résonateur influe en diminuant plus ou moins la section ventrale qu'il occupe.

Le résonateur par sa présence rétrécit la longueur d'onde qu'il décèle, dans la partie du champ qu'il occupe.

Et cette influence semble plus marquée pour la position II que pour les deux autres.

IV. Influence de la position du micromètre. — Pour étudier plus complètement le fonctionnement du résonateur dans les trois positions principales, on s'est astreint à mesurer les phénomènes en faisant occuper à l'interruption du micromètre toutes les positions possibles dans chaque plan.

C'est ainsi que (fig. 1) dans la position

I (xz) on place successivement la coupure du micromètre

sur la direction positive de l'axe des z ($\alpha = 0^\circ$),
» » » x ($\alpha = 90^\circ$),
» négative » z ($\alpha = 180^\circ$),
» » » x ($\alpha = 270^\circ$),

et dans les positions intermédiaires.

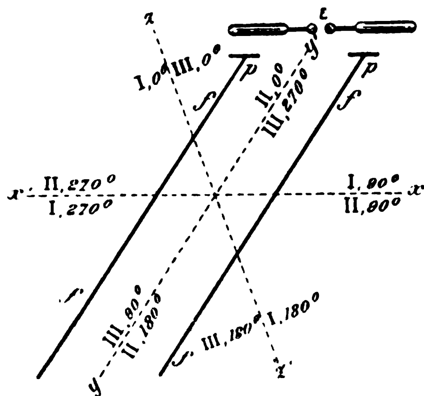


Fig. 1.

De même dans la position II (xy) on place successivement l'interruption du micromètre

sur la direction négative de l'axe des y ($\alpha = 0^\circ$),
» positive » x ($\alpha = 90^\circ$),
» » » y ($\alpha = 180^\circ$),
» négative » x ($\alpha = 270^\circ$),

Enfin dans la position III (xy) on place successivement l'interruption du micromètre

sur la direction positive de l'axe des z ($\alpha = 0^\circ$),
» » » y ($\alpha = 90^\circ$),
» négative » z ($\alpha = 180^\circ$),
» » » y ($\alpha = 270^\circ$).

Si l'on observe les phénomènes pour chaque position principale, le micromètre étant placé successivement dans les différents azimuts, on observe que :

1° *Il existe des azimuts d'extinction pour les positions* I *et* III ;

2° *Il n'existe pas d'azimut d'extinction pour la position* II.

Pour les positions I et III, *aux ventres comme aux nœuds,* le micromètre placé *soit à* $\alpha = 90^\circ$, *soit à* $\alpha = 270^\circ$, ne donne naissance à aucune étincelle.

Pour la position II, aux ventres, le micromètre donne des étincelles de même ordre de longueur dans tous les azimuts.

Cependant les maxima des étincelles des positions $\alpha = 0^\circ$ et $\alpha = 180^\circ$ sont sensiblement plus grands que ceux des positions $\alpha = 90^\circ$ et $\alpha = 270^\circ$.

La détermination des longueurs d'onde pour la position II et pour le micromètre situé à $\alpha = 0^\circ$ ou à $\alpha = 180^\circ$, montre qu'on doit rapporter la position du résonateur non pas à son centre, mais au micromètre.

3° *C'est la position du micromètre qui règle dans ce cas* (*position* II, $\alpha = 0^\circ$ ou $\alpha = 180^\circ$) *la position du ventre.*

On n'avait pas à tenir compte, en effet, du rayon du résonateur dans la position I, pour les divers azimuts, le micromètre restant toujours à la même distance que le centre du résonateur.

Mais dans la position II, suivant qu'il se trouve à $\alpha = 0^\circ$ ou à $\alpha = 180^\circ$, le micromètre est ou plus près ou plus loin du ventre que le centre du résonateur et l'écart est égal au rayon du résonateur.

Il y aurait également lieu de tenir compte de ce rayon dans la position III, mais il se trouve que les azimuts $\alpha = 90^\circ$ et $\alpha = 270^\circ$ correspondent au diamètre d'extinction, si bien qu'un résonateur dans cette position et dans ces azimuts, déplacé tout le long du champ, ne manifeste d'étincelle en aucun point.

V. Influence d'une coupure et de sa position. — Pour pénétrer plus avant dans l'étude du résonateur hertzien, l'auteur a soumis à la même analyse expérimentale un résonateur présentant une coupure, indépendamment de l'existence du micromètre.

La grandeur de la coupure variait de 2 à 11 centièmes de la longueur totale du résonateur complet.

Le résonateur était formé de plusieurs arcs métalliques pouvant être réunis par de petites bagues de cuivre, si bien que le résonateur pouvait se transformer, à volonté, de résonateur complet en résonateur à coupure symétrique ou dissymétrique.

Un résonateur à coupure symétrique présente les mêmes azimuts d'extinction qu'un résonateur complet.

Un résonateur à coupure dissymétrique ne présente pas de phénomène d'extinction pour les positions I *et* II *quand le micromètre est à* $\alpha = 90°$ *ou* $\alpha = 270°$.

On a cherché l'azimut d'extinction ou de minimum d'effet d'un résonateur à coupure dissymétrique pour les positions I et III et voici la règle qui donne cette position :

L'azimut α *d'extinction ou de minimum d'effet est tel que l'azimut d'extinction du résonateur complet passe par le milieu de la coupure.*

Si 2γ est l'angle de coupure (fig. 2), μ l'angle de la plus petite position du résonateur coupé,

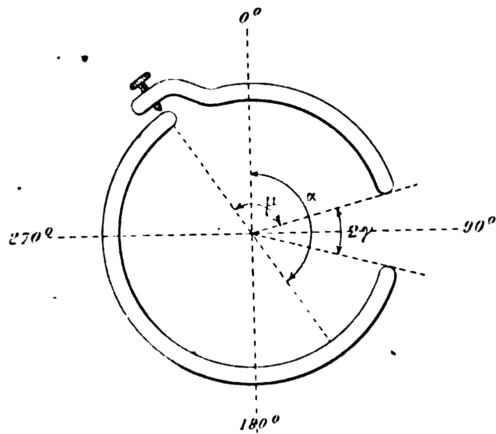


Fig. 2.

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - (\mu + \gamma) \quad \text{ou} \quad 3\frac{\pi}{2} - (\mu + \gamma).$$

Quand la coupure est symétrique, on a $\mu + \gamma = \pi$:

$$\alpha = -\frac{\pi}{2} \quad \text{ou} \quad \frac{\pi}{2}.$$

Si l'on mesure les sections ventrales et nodales relatives à un résonateur à coupure placé successivement dans les trois positions, on constate que s'il est indifférent de faire les mesures relativement au micromètre ou à la coupure pour la position I, il n'en est plus de même pour la position II et III.

Pour que la remarque relative au chevauchement des ventres et des nœuds subsiste ici, il est indispensable de faire les lectures aux points occupés non par le micromètre, mais par la coupure.

C'est ainsi que si l'on s'adresse à un résonateur dont la coupure a été pratiquée le plus loin possible du micromètre (70 cm) et qu'on peut à volonté reconstituer complet, on constate qu'il faut amener le pont mobile juste au-dessus du micromètre pour obtenir une étincelle maxima dans la position II lorsque le résonateur est complet, alors qu'il suffit d'amener le même pont au-dessus de la coupure pour obtenir le maximum d'effet dans la même position II, lorsque le résonateur est coupé.

De même que pour un résonateur complet il n'est point besoin de corriger les mesures relatives à la position III pour un résonateur à coupure symétrique, puisque pour cette position les azimuts $\alpha = 90°$ et $\alpha = 270°$ correspondent au diamètre d'extinction, mais il n'en est plus de même pour un résonateur à coupure dissymétrique. On doit faire les lectures dans la position III, aux points occupés par la coupure, qui ne coïncide plus alors avec ceux occupés par le micromètre.

On peut résumer ainsi tous ces énoncés relatifs aux résonateurs à coupure :

Dans un résonateur à coupure, la coupure joue le rôle que jouait le micromètre dans le résonateur complet.

Et cela tant pour les positions d'extinction que pour les positions des sections nodales et ventrales.

Tout ce que l'on a dit du micromètre dans le cas du résonateur complet peut se dire de la coupure dans le cas du résonateur coupé.

VI. Influence de la coupure sur la longueur d'onde d'un résonateur. — On a comparé les mesures fournies par l'étude d'un résonateur complet et d'un résonateur à coupure de même rayon ; on trouve que :

La différence entre la demi-longueur d'onde d'un résonateur complet, et la demi-longueur

d'onde d'un résonateur à coupure de même rayon, est sensiblement égale à la longueur de la coupure

$$\lambda - \lambda_c = 2c.$$

L'exactitude de cette règle est d'autant plus grande que l'on a affaire à des résonateurs plus identiques, — c'est ainsi que la comparaison des résultats relatifs aux résonateurs désignés par B, B′ et B″ dans le tableau des résultats donné plus loin, donne pour une coupure de 22 cm une différence de longueurs d'onde de 28 cm, mais il est à remarquer que la coupure de B″ est munie de bornes serre-fils, et que l'influence des micromètres (qui correspond à une longueur utile des résonateurs fort grande) peut n'être pas la même pour B, B′ et B″.

VII. Comparaison des longueurs d'onde de deux résonateurs de longueurs différentes. — On est frappé, quand on compare la demi-longueur d'onde d'un résonateur et son développement, de la grande différence qui existe entre ces deux nombres, alors qu'on admet en général leur égalité.

En réalité, la présence du micromètre introduit une perturbation notable, si bien que, quelque simple qu'on le constitue, le micromètre tient la place d'une longueur utile de résonateur fort grande, et cela semble devoir être surtout attribué au pas de vis micrométrique impossible à supprimer, comme il ressort de mesures faites avec un même résonateur et un même micromètre à vis, aussi petite que possible et sans tête, et avec une vis de plusieurs centimètres et à large tête.

Tableau des résultats des mesures

Positions			V	N	V	N	V	λ	L	C
1° Résonateurs complets										
			m	m	m	m	m	m	m	m
B	I,	0°	1,23	2,51	3,75	4,98	6	4,90	1,95	
	II,	0°	»	1,25	2,49	3,78	5,02	»	»	
	»	90°	»	1,30	2,50	3,76	4,97	»	»	
	»	180°	»	1,22	2,52	3,72	4,98	4,97	»	
	»	270°	»	1,28	2,51	3,75	5	»	»	
	III,	0°	»	1,25	2,52	3,75	5,03	5	»	
B′	I,	0°	1,25	2,50	3,75	5	»	5	2	
	II,	0°	»	1,24	2,48	3,77	4,97	5,02	»	
a	I,	0°	1,50	»	4,30	»	»	»	»	
	II,	0°	»	»	2,90	4,30	5,70	5,60	2,50	
b	I,	0°	1,15	2,32	3,45	4,60	5,73	»	»	
	II,	0°	»	»	2,30	»	4,60	4,60	2	
	III,	0°	»	1,15	2,30	3,43	4,60	»	»	
δ	I,	0°	1,86	»	3,50	»	5,10	3,20	1,25	
2° Résonateurs a coupures										
B″	I,	0°	1,10	2,33	3,30	4,41	5,50	4,40	1,70	0,22
δ''_1	I,	0°	2,60	»	4,05	»	5,50	2,90	1,10	0,15
δ''_2	I,	0°	2,75	»	4,10	»	5,40	2,60	0,93	0,32

Mais si au lieu de comparer la longueur d'onde décelée par un résonateur à sa longueur, on compare entre elles les longueurs d'ondes de deux résonateurs et les longueurs

de ces résonateurs, on peut assez sensiblement énoncer la loi suivante :

La différence entre les demi-longueurs d'onde relatives à deux résonateurs est sensiblement égale à la différence de leurs longueurs.

$$\lambda - \lambda' = 2(L - L').$$

Pour peu que l'on ait eu soin de munir les deux résonateurs de micromètres aussi identiques que possible, l'élimination de la perturbation apportée par les micromètres se fait par la soustraction des mesures obtenues.

Les résultats des mesures qui ont conduit aux diverses lois énoncées précédemment sont consignés dans le tableau de la page 77.

Remarques touchant les lois du résonateur hertzien établies par M. Turpain;

Par P. Duhem [1].

Malgré la netteté et la simplicité des lois établies par M. Turpain, il serait, je crois, téméraire d'en vouloir donner, dès maintenant, une explication théorique complète. Il nous semble toutefois que plusieurs de ces lois viennent se grouper de la manière la plus nette autour de l'interprétation du rôle du résonateur hertzien que nous avions développée en 1895 dans notre enseignement, et brièvement indiquée dans une note parue à *L'Éclairage Électrique* [2]. Développant une théorie qui est la généralisation de la théorie de Helmholtz, nous admettions dans les conducteurs l'existence simultanée de flux longitudinaux et de flux transversaux; nous montrions que l'équation aux dérivées partielles, assez compliquée, qui régit les premiers, se réduit, pour les conducteurs parfaits, à l'équation des petits mouvements; que, pour des oscillations dont la fréquence ne dépasse pas celle des oscillations hertziennes, tous les conducteurs peuvent être regardés comme des conducteurs parfaits; et nous ajoutions :

Dans les expériences hertziennes, les corps conducteurs nous paraissent agir surtout par les flux longitudinaux qui les traversent.

Il nous semble, en particulier, que l'état électrique d'un fil métallique de faible section soit assimiliable à l'état vibratoire d'un tuyau sonore dans l'hypothèse des tranches. C'est ainsi que, dans notre enseignement, nous avons donné, du *pont* employé tout d'abord par M. Blondlot, et dont M. Turpain fait usage dans la présente étude, une théorie analogue à celle du trombone à coulisse.

Si le fil est isolé à une extrémité, cette extrémité est sensiblement un nœud pour les flux longitudinaux; cette extrémité est analogue à l'extrémité close d'un tuyau fermé.

Prenons, par exemple, un fil de longueur L, dont A et B sont les deux extrémités; l'oscillation électrique longitudinale *propre*, la plus grave qu'il puisse présenter, est celle qui a pour nœuds les deux points A et B, et pour longueur d'onde, dans le métal, 2L. Sa période T est donnée par l'équation

$$\mathcal{C}T = 2L,$$

où $\mathcal{C}$ est la vitesse de propagation des flux longitudinaux dans les conducteurs parfaits.

Placé dans un milieu diélectrique, siège de flux périodiques, transversaux par exemple, de période T, ce résonateur vibrera; toutes choses égales d'ailleurs, c'est-à-dire pour une position relative donnée du résonateur et des conducteurs (fils,...) qui déterminent la forme du champ, pour obtenir la résonance la plus intense, on devra, selon les lois connues de la résonance, faire coïncider une *section ventrale* du milieu avec un *nœud* de la vibration propre du résonateur.

Si l'on applique ce qui vient d'être dit au résonateur type Sarrazin-de La Rive employé par M. Turpain, on voit que l'on arrive à la loi suivante :

Si l'on fait glisser le résonateur, orienté d'une manière quelconque, parallèlement aux fils qui concentrent le champ, la résonance la

---

[1] *Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 20 janvier 1898.

[2] Duhem. — Sur l'interprétation théorique des expériences hertziennes, t. IV, p. 295 et 494.

plus intense a lieu lorsque le MICROMÈTRE *se place dans une section ventrale du champ.*

La vérification de cette loi par M. Turpain est un précieux contrôle de la théorie proposée.

Pour rendre compte de la résonance d'un *résonateur coupé*, il faut supposer que la vibration longitudinale propre que la résonance excite est celle qui a pour nœuds les extrémités de la coupure, *le reste du résonateur étant traité comme un résonateur ininterrompu*, ce qui doit être sensiblement vrai lorsque les étincelles éclatent au micromètre. Un résonateur de longueur totale L, dont la coupure a une longueur c, et dont la longueur conductrice réelle a, dès lors, pour valeur $(L - c)$, donnera des vibrations longitudinales propres dont la période T' sera donnée par la relation

$$\mathfrak{T}T' = 2(L - c).$$

On voit que, *si la coupure c est de petites dimensions, les conditions de fonctionnement d'un résonateur coupé de longueur totale* L *seront exactement celles d'un résonateur non coupé de longueur* $(L - c)$, *pourvu que l'on place toujours la coupure du premier où l'on placerait le micromètre du second.*

La vérification si complète de cette loi par M. Turpain nous semble encore une confirmation remarquable de l'interprétation donnée du rôle du résonateur hertzien.

Admettons ce rôle comme démontré. Nous fondant sur cette loi observée par MM. Sarrazin et de La Rive : *la longueur d'un internœud trouvé dans l'éther (pratiquement, dans l'air) avec un résonateur donné est sensiblement égale à la longueur du résonateur*, nous avons établi la proposition suivante :

La vitesse de propagation des flux transversaux dans l'éther est égale à la vitesse de propagation des flux longitudinaux dans les conducteurs parfaits.

Mais la loi expérimentale dont nous avions fait usage pour établir cette proposition n'était vérifiée que d'une manière très grossière par les expériences de MM. Sarrazin et de La Rive. Il était permis de supposer que les écarts devaient être attribués à ce que l'hypothèse des tranches, sensiblement vraie le long du résonateur, ne l'était plus au voisinage du micromètre. M. Turpain est parvenu à obtenir, de la loi invoquée par nous, une vérification indépendante de ces *perturbations aux extrémités*, en comparant la *différence* des longueurs de deux résonateurs, de micromètres identiques, à la *différence* des longueurs des internœuds, mesurées par ces deux instruments. L'égalité de ces deux différences met hors de doute la loi que nous avions invoquée.

Sur le champ hertzien ;

Par A. TURPAIN [1].

Dans son précédent mémoire l'auteur relatait les résultats de son étude du champ produit par deux fils tendus parallèlement entre eux et perpendiculairement à la droite passant par les centres des boules de l'excitateur. Dans celui-ci il donne les résultats d'une étude analogue du champ produit par un seul fil, et compare les résultats des deux études.

Avant de suivre l'auteur dans la description des expériences indiquons-en immédiatement les principales conséquences ; cette description, assez peu commode à présenter, s'en trouvera, croyons-nous, plus facile à suivre. Ces conséquences sont :

1° *Si l'on considère isolément chacun des fils concentrant le champ, on obtient un système de ventres et de nœuds offrant à l'extrémité libre un ventre pour la position I et un nœud pour les positions II et III.*

2° *L'état électrique de deux ventres en regard pris sur chacun des fils n'est pas identique ; il est, en l'un des ventres, de signe contraire à ce qu'il est en l'autre.*

Faisons remarquer que ces conséquences de

---

[1] *Procès-verbaux de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 31 mars 1898.

l'expérience pouvaient être en partie pressenties en suivant l'idée de l'assimilation, rappelée par M. Duhem dans la note précédente de l'état électrique d'un fil à l'état vibratoire d'un tuyau sonore dans l'hypothèse des tranches. En effet il résulte de cette assimilation que dans le cas d'un seul fil on doit avoir un système de ventres et de nœuds et que deux ventres consécutifs doivent être dans un état électrique différant par le signe.

D'autre part, il est à présumer que quand on prend deux fils les ventres en regard doivent être dans des états électriques différents puisque les plaques reliées aux fils et disposées en face des plaques de l'excitateur, ont au même instant des charges de noms contraires.

Remarquons encore que cette non-identité de l'état électrique de deux points en regard pris sur chacun des fils résulte aussi du fait suivant : lorsqu'on place un pont sur les deux fils il se produit à la place occupée par ce pont un nœud pour la position I et un ventre pour les positions II et III du résonateur; car si les deux fils avaient à chaque instant leurs points en regard dans le même état électrique, l'établissement du pont ne devrait troubler en rien la distribution des sections nodales.

Enfin relevons une objection qui pourrait être soulevée; s'il est vrai que les ventres en regard pris sur chacun des fils sont dans des états électriques inverses, leurs actions sur le résonateur devraient interférer. Nous verrons que c'est en effet ce qui a lieu quand le résonateur est convenablement placé par rapport à l'un et à l'autre des fils et que si ordinairement on observe une action sur le résonateur c'est que celui-ci se trouve précisément dans une position telle que les actions de chacun des fils s'ajoutent.

Passons maintenant aux nombreuses et intéressantes expériences qu'a faites M. Turpain pour établir d'une façon certaine les propositions énoncées ci-dessus.

I. Propriétés du champ hertzien concentré par un seul fil. — Tant pour permettre l'étude complète de ce champ en lui-même que pour faciliter la comparaison des résultats obtenus avec ceux que donne l'étude du champ à deux fils, l'auteur a placé les résonateurs non seulement dans les trois positions I, II, III du précédent mémoire, mais encore pour chaque orientation du plan du résonateur correspondant à l'une d'elles, dans trois positions obtenues en déplaçant plus ou moins le résonateur dans son plan ou parallèlement à lui-même. On a donc neuf positions se divisant en :

1° Positions symétriques, où le fil est un axe de symétrie du résonateur : perpendiculaire à son plan pour la position I; un diamètre pour les positions II et III, lesquelles sont d'ailleurs identiques par suite de la symétrie du champ;

2° Positions dissymétriques, déduites des précédentes en donnant au résonateur, dans son plan, un déplacement assez faible pour que le fil, ou bien coupe ce plan à l'intérieur du cercle qu'il délimite (position I), ou bien soit une corde de ce cercle (positions II et III, encore ici identiques par suite de la symétrie du champ).

3° Positions extérieures, déduites des précédentes en accentuant le déplacement dans son plan (positions I et II), ou en le déplaçant parallèlement à lui-même (position III), les positions II et III ne sont plus identiques.

Dans chacune de ces positions on a fait varier l'azimut du micromètre en conservant les notations employées dans le précédent travail.

Voici les résultats fournis par cetté étude :

Positions symétriques. — Position I. — 1° *Un résonateur déplacé dans la position I manifeste des sections nodales et ventrales, l'extrémité libre du fil étant un ventre. — Toutefois l'intensité du phénomène est des plus faibles, il doit être rapporté au fait d'une dissymétrie impossible à éviter.*

2° *L'intensité* très faible *du phénomène est* égale *dans tous les azimuts.*

Positions II et III. — 1° *Présentent les mêmes phénomènes que la position I au che-*

vauchement des ventres et des nœuds près.

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre coïncide avec la direction du fil.*

Positions dissymétriques. — Position I. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales, l'extrémité libre du fil étant un ventre.*

Les phénomènes sont ici d'une très appréciable intensité.

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre passe par le fil.*

Positions II et III. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales qui sont interverties par rapport à celles de la position I, l'extrémité libre du fil étant un nœud.*

2° *Il y a minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre est perpendiculaire à la direction du fil.*

Positions extérieures. — Position I. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales, l'extrémité libre du fil étant un ventre.*

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre prolongé passe par le fil.*

Position II. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales interverties par rapport à celles de la position I.*

2° *Il y a minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre est perpendiculaire à la direction du fil.*

Position III. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales identiques à celles de la position II.*

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre est parallèle au fil.*

Dans tous les cas, pour les positions II et III les lectures furent faites au micromètre.

Ces résultats sont relatifs à un résonateur complet. Ceux auxquels conduit un résonateur à coupure peuvent se ranger sous cette loi déjà énoncée dans un travail précédent.

Dans un résonateur à coupure, la coupure joue le rôle que jouait le micromètre dans le résonateur complet.

II. Comparaison des propriétés du champ a un fil et du champ a deux fils. — A la suite de cette étude du champ à un fil, l'auteur a effectué une série de mesures comparatives des intensités des phénomènes dans le cas de un et de deux fils.

A cet effet, le résonateur était placé, alors que le champ n'était concentré que par un fil, dans chacune des positions I, II et III, dans la situation même qu'il devait offrir pour ces différentes positions lorsqu'on ajoutait le second fil concentrant le champ.

Dans ces conditions, les effets du premier fil sur le résonateur étaient identiques, que le second fil soit absent ou qu'il soit tendu. La mesure des distances explosives au micromètre permettait donc de pouvoir se faire une idée de l'augmentation d'intensité qu'apportait dans chaque cas la présence du second fil.

Nous ferons remarquer que les choses étant ainsi disposées, les positions du résonateur par rapport au premier fil correspondaient :

La position I à une position dissymétrique ;

La position II à une position dissymétrique ;

La position III à une position extérieure.

Voici le tableau résumé de ces mesures comparatives :

Positions :		I, 0°	I, 270°	II, 0°	II, 270°	III, 0°	III, 270°
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
Champ à 1 fil .	V	0135	0038	0563	0323	0015	0008
	N	0060	0022	0225	0240	0008	0000
Champ à 2 fils.	V	0240	0038	1500	1410	0038	0023
	N	0090	0030	1125	1028	0023	0015

On voit par ces chiffres que les longueurs d'étincelles sont, pour une même position du résonateur, plus grandes lorsqu'il y a deux fils que lorsqu'il n'y en a qu'un. On est donc tenté de considérer chaque point en regard de chacun des fils comme étant à chaque instant dans le même état électrique. Mais nous avons vu que cette manière de voir est en désaccord absolu avec l'influence que l'établissement d'un pont a sur la distribution des sections nodales. D'autres expériences

étaient donc nécessaires pour élucider cette contradiction en donnant des renseignements plus complets sur le rôle de chaque fil dans le phénomène.

Dans ces expériences les deux plaques A, B de l'excitateur sont disposées parallèlement et aussi éloignées que possible. Elles sont flanquées chacune de deux plaques métalliques indépendantes, parallèles à la plaque d'excitateur dont elles concentrent les effets et dont elles sont d'ailleurs le plus rapprochées possible.

Soient a, a' les deux plaques parallèles à A ; b, b' celles voisines de B ; a' et b' sont entre les plaques de l'excitateur, a et b en dehors. Nous indiquerons que le fil 1 a été relié à la plaque a par le symbole 1_a.

On a obtenu les résultats suivants :

1° *Les champs à un fil* 1_a, $1_a'$, 1_b, $1_b'$, 2_a, $2_a'$, 2_b, $2_b'$ *donnent le même système de ventres et de nœuds* qui est le suivant :

Position I	N	V	N	V	N	V	N	V
	0.75 m	1,50 m	2,25 m	3 m	3,75 m	4,50 m	5,25 m	6 m (extrémité)
Position II-III	V	N	V	N	V	N	V	N

2° *Les champs à deux fils* $1_a\ 2_b$, $1_a'\ 2_b'$, *comme aussi* $1_a\ 2_b'$, $1_a'\ 2_b$ *donnent le même système de ventres et de nœuds identique en position au précédent.*

3° *Les champs à deux fils* $1_a\ 2_a'$, $1_b\ 2_b'$ *ne donnent plus aucun système de ventres et de nœuds.*

Il y a INTERFÉRENCE *tout le long du champ.*

Le résonateur étant, par exemple, placé par rapport au champ des deux fils dans la position I, 0°, à chaque instant l'effet produit sur lui par le fil 1 est annulé par l'effet du fil 2. Ces deux fils, en effet, se trouvent placés par rapport au résonateur dans une position I dissymétrique.

Les déterminations d'intensité qui suivent montrent la netteté de ce phénomène.

Position I, 0°	V, 4,50 m	
Champs :	1 — a et 2 — a'	1 — a et 2 — b
Intensités :	0,030 mm	0,248 mm

Pour plus de commodité les deux fils ont été tendus dans le champ, ils sont à volonté reliés ou non aux plaques aa' bb'. Il y a bien de ce fait une petite perturbation, mais assez faible, comme l'auteur s'en est assuré en faisant la mesure avec un seul fil tendu dans les mêmes conditions.

On a trouvé, en effet, pour le ventre situé à 4,5 m de l'origine et pour la position I, 0° du résonateur, une longueur d'étincelles de 0,135 mm lorsque le fil 2, relié à la plaque b, était seul et 0,150 mm lorsque, outre ce fil relié à la même plaque, se trouvait le fil 1 dont l'origine était isolée.

On essaya dans le cas d'interférence $1_a\ 2_a'$ de faire une détermination en déplaçant un pont jeté sur les deux fils, mais quelle que fût sa situation par rapport au résonateur, ce dernier ne manifesta constamment que des étincelles à peine perceptibles.

Ces résultats indiquaient nettement que les actions de chacun des fils sur le résonateur interfèrent précisément dans les cas où par suite de la liaison des fils aux plaques a et a' ou b et b' l'état électrique doit a priori être le même en deux points en regard pris sur chacun des fils. Or s'il y a interférence dans ces cas, tandis qu'au contraire il y a addition dans ceux où les liaisons des fils et des plaques permettent de prévoir des états électriques de signes contraires en deux points en regard, la cause de ces phénomènes ne peut être cherchée que dans une dissymétrie de la position du résonateur par rapport à l'un et à l'autre fil.

Quand le résonateur est dans la position I, 0°, son plan est rencontré par les fils en deux points situés de part et d'autre du diamètre vertical passant par le micromètre. On peut penser que la dissymétrie résulte de ce que les points de rencontre ne sont pas dans le même demi-cercle. Soulevons un peu le résonateur dans son plan (position que nous

désignerons par α) ; la dissymétrie, si l'opinion précédente est exacte, subsistera. Faisons-le ensuite tourner dans son plan de 90°, de manière à ce que le micromètre se trouve sur un diamètre horizontal (position β) ; les points de rencontre des fils et du plan du résonateur se trouveront tous deux dans le demi-cercle inférieur, et la dissymétrie n'existera plus.

Par conséquent, s'il y a interférence pour la position α, il y doit avoir addition des effets pour la position β et inversement. Or c'est précisément ce qui a lieu, comme le montrent les valeurs suivantes des longueurs d'étincelles observées :

Champs.	Position α.	Position β.
$I_0\,2a'$	0,75 mm	1,39 mm
$Ia\,2a'$	1,13 »	0,04 »
$Ia\,2b$	0,03 »	1,97 »

Ces faits établis, M. Turpain a effectué une autre série d'expériences confirmant pleinement l'hypothèse que deux ventres consécutifs ne sont pas dans le même état d'équilibre.

Dans ces expériences, l'un des fils, le fil 1, par exemple, est coupé près de l'origine, et dans la coupure on intercale un fil de longueur variable. Par suite de l'addition de ce fil, la distance des nœuds et des ventres du fil 1 à l'origine, comptée en ligne droite, se trouve modifiée. En particulier, si la longueur du fil additionnel est de un quart de longueur d'onde, un nœud prend la place d'un ventre, et inversement le long du fil 1 et au delà de la coupure. Par conséquent, si l'on relie les fils 1 et 2 aux plaques *a* et *a'* ou *b* et *b'*, il ne doit plus y avoir interférence comme auparavant, et c'est en effet ce que montre l'expérience.

Si la longueur du fil additionnel est de une demi-longueur d'onde, un ventre de rang pair se substitue à un ventre de rang impair le long du fil 1 ; si elle est égale à une longueur d'onde, un ventre de rang pair se substitue à un ventre de rang pair également. Par conséquent on doit retrouver dans ce dernier cas les mêmes phénomènes que lorsqu'il n'y avait pas de fil additionnel, tandis que dans le premier il doit y avoir interférence là où il y avait addition des effets et inversement. Ces conséquences sont faciles à vérifier en intercalant dans la coupe une longueur de fil égale à une longueur d'onde et en plaçant deux ponts permettant de mettre hors circuit, l'un la moitié de ce fil, l'autre le fil entier. En opérant ainsi, M. Turpain a trouvé les résultats indiqués dans le tableau suivant :

LONGUEUR de fil intercalée.	CHAMP $Ia\,2b$.	CHAMP $Ia\,2a'$.
0	Ventres et nœuds successifs.	Interférence tout le long du champ.
$\frac{\lambda}{2}$	Interférence.	Ventre et nœuds.
λ	Ventres et nœuds.	Interférence.

Les résultats des différentes expériences de M. Turpain sont donc tous facilement explicables dans l'hypothèse qu'un fil qui est le siège d'oscillations est assimilable à un tuyau sonore. Il reste cependant encore un point à expliquer : c'est le renversement du système de nœuds et de ventres, selon que l'observation est faite avec un résonateur placé dans la position I ou avec un résonateur placé dans les positions II ou III [1].

J. B.

[1] M. Turpain nous communique à ce propos la remarque suivante :

Si on veut admettre la théorie d'Helmoltz généralisée par M. Duhem, au lieu de partir comme Maxwell (point de départ attribuable au désir du théoricien anglais d'arriver à une théorie électromagnétique de la lumière) avec l'hypothèse fondamentale des seuls flux transversaux, ou partira avec l'hypothèse de la coexistence des deux sortes de flux transversaux et longitudinaux.

Les uns se réfléchiraient à l'extrémité des fils sans changement de signe, les autres avec changement.

Là serait la réponse à la question.

Celle-ci reste cependant entière, car il faudrait admettre que le résonateur est sensible dans la position I aux seuls flux transversaux, et dans la position II aux seuls flux longitudinaux.

BIBLIOGRAPHIE

Alternating Current Phenomena (Les Phénomènes du courant alternatif), par M. Charles Proteus Steinmetz. 2e édition. *W.-J. Johnston et Cie*, éditeurs, New-York.

Nous n'avons pas pu rendre compte de la première édition de cet ouvrage, les éditeurs nous ayant oublié. Etant donnée la rapidité avec laquelle a été épuisée cette première édition, peu de changements ont été faits et l'auteur a dû se contenter de corriger quelques erreurs ; quelques additions ont toutefois été faites, principalement sur les dernières créations de M. Steinmetz : le *couplage en tandem*, breveté du reste, comme nous l'avons signalé, par MM. Siemens et Halske en 1894 (1), le *moteur d'induction synchrone* et le *moteur d'hystérésis*.

L'apparition du livre de M. Steinmetz a fait quelque bruit dans le monde électrique, par suite de la notoriété de son auteur, mais beaucoup de personnes, et nous sommes de celles-là, ont été un peu déçues à sa lecture. Evidemment on s'attendait à y retrouver l'emploi des quantités imaginaires dont M. Steinmetz a fait de multiples applications à la théorie des courants alternatifs et dont la plupart ont été présentées et analysées par nous dans *La Lumière Électrique* et dans cette revue (2), mais on s'attendait aussi à y voir autre chose que des considérations purement théoriques, et en particulier la description du matériel à courants alternatifs de la General Electric, dont l'auteur est un des principaux ingénieurs. Il faut espérer que dans les éditions prochaines, M. Steinmetz tiendra compte de notre observation qui, nous le répétons, est un desideratum de beaucoup de lecteurs.

Nous avons déjà eu l'occasion de dire que l'idée d'employer les imaginaires sous la forme $a + b\sqrt{-1}$ à la résolution des problèmes sur les courants alternatifs est bien antérieure aux travaux de M. Steinmetz, et qu'elle a été appliquée en particulier par M. Wien dans la théorie du pont de Wheatstone avec l'emploi du téléphone (1) et par M. Kennelly, quelques mois avant M. Steinmetz. Ce dernier n'en reste pas moins un des promoteurs de l'application des imaginaires et les résultats qu'il en a obtenus sont très intéressants.

L'ouvrage de M. Steinmetz, publié en partie dans diverses publications, comprend 30 chapitres et deux appendices. Les quatre premiers chapitres : Introduction, Valeurs instantanée et efficace, Loi de l'induction électromagnétique et Représentation graphique, constituent en somme des notions préliminaires indispensables à la compréhension de l'ouvrage.

Ce n'est qu'au chapitre V que l'auteur expose les principes de l'application des imaginaires.

La méthode topographique que M. Steinmetz donne au chapitre VI est particulièrement avantageuse pour la représentation graphique des systèmes à courants polyphasés équilibrés ou non.

Après avoir défini (chap. VII) les termes déjà entrés dans le langage technique, d'admittance, inverse de l'impédance ; de conductance et de susceptance, partie réelle et imaginaire de l'admittance ; l'auteur applique le calcul des imaginaires aux circuits contenant de la résistance, de la self-induction et de la capacité (chap. VIII), et en particulier aux lignes de transmission (chap. IX) avec self-induction.

M. Steinmetz envisage ensuite l'effet des pertes d'énergie dans le fer et dans les diélectriques et leur représentation par des résistances et réactances, conductances et susceptances équivalentes (chap. X et XI).

Le chapitre XII est consacré au problème très intéressant de la capacité et de la self-induction

---

(1) Voir notre article sur un « procédé de couplage des moteurs asynchrones polyphasés ». *Lumière Électrique*, t. LI, p. 28, 1894.

(2) Voici la liste de nos articles sur les travaux de M. Steinmetz relatifs aux applications des imaginaires :

Lumière Electrique : « La méthode de M. Steinmetz pour le calcul des courants alternatifs », t. L, p. 451 et 544, 1893.

Éclairage Électrique : « Courants alternatifs et quantités complexes », t. VI, p. 216, 1896;

« La loi de l'hystéris », t. VI, p. 337 et 390, 1896;

« La théorie du transformateur général de M. Steinmetz », t. VII, p. 97, 1896;

« Courants oscillants et quantités complexes », t. X, p. 22, 1897;

« A propos de l'application des imaginaires à la résolution des problèmes sur les courants alternatifs », t. XIV, p. 69, 1898.

(1) Voir *La Lumière Électrique* l'article de M. Raveau sur des « Nouvelles applications scientifiques du téléphone », t. XLII, p. 563, 1893.

distribuées ; le traitement de ce problème par les imaginaires simplifie beaucoup les calculs; nous aurons l'occasion de l'exposer prochainement à propos d'une intéressante étude sur la fréquence des décharges des lignes de transmission que M. Steinmetz vient de publier tout récemment [1].

Nous entrons ensuite dans l'étude théorique des appareils à courants alternatifs : transformateurs à courant alternatif, transformateur général (transformateur-moteur) à courant alternatif, moteurs d'induction et génératrices à courant alternatif, étude que nous avons publiée presque en entier dans cette revue.

Bien que l'étude du fonctionnement de deux alternateurs en parallèle soit faite à l'aide des imaginaires (chap. XVII), celle des moteurs synchrones (chap. XVIII) est faite graphiquement d'abord et analytiquement ensuite ; ce chapitre n'est du reste que la reproduction d'un article de l'auteur sur les moteurs synchrones paru en 1895 [2].

La question des moteurs à collecteur (chap. XIX) permet à l'auteur de revenir aux imaginaires, lesquelles sont abandonnées à nouveau pour l'étude du phénomène de la réaction d'induit (chap. XX), celle de l'influence du fer sur les courbes instantanées (chap. XXI) et enfin celle de l'effet des harmoniques supérieures (chap. XXII).

Les huit derniers chapitres sont enfin consacrés à l'étude des systèmes polyphasés, d'abord au point de vue général. puis plus spécialement au cas des systèmes triphasés et à quatre phases.

Les deux appendices se rapportent l'un aux notions du calcul des quantités imaginaires, l'autre à l'application des quantités complexes à l'étude des courants de décharge des condenseurs que l'auteur appelle courants oscillants.

On voit par cette longue analyse que l'ouvrage de M. Steinmetz est, en somme, composé en grande partie d'études détachées de l'auteur; il est donc déjà connu de nos lecteurs en ce qui concerne le principe de l'application des imaginaires à la résolution des problèmes sur les courants alternatifs.

Nous avons déjà dit, et nous le répéterons encore ici, que l'application du calcul des imaginaires sert de trait d'union entre le calcul pur et la méthode graphique; c'est donc aux amateurs des longues théories mathématiques que nous recommandons ce livre, pour leur permettre de simplifier les calculs purement mathématiques et de se convaincre petit à petit de la supériorité des méthodes graphiques.

C.-F. Guilbert.

CHRONIQUE

Sur la puissance maximum des stations génératrices à vapeur.— La tendance actuelle est de créer des stations génératrices très puissantes, et alors qu'il y a seulement quelques années, il semblait préférable, lorsqu'une grande puissance était nécessaire, d'ériger plusieurs stations distinctes d'une puissance maximum de 3000 à 5000 chevaux, plutôt qu'une seule, on construit souvent aujourd'hui des stations de 8000, 10000 et même 12000 chevaux.

On peut se demander si cette pratique est économique, car s'il est certain que le prix de production de limite de puissance diminue d'abord quand la puissance engendrée augmente, il n'est pas évident que cette loi se maintient lorsque cette puissance dépasse certaine limite.

Dans son numéro du 13 août, *The Electrical World* examine cette question. Les diverses économies, quelquefois minimes, qui résultent de l'augmentation de la puissance des stations génératrices sont successivement prises en considération, et la conclusion est que, en général, la construction et l'exploitation d'une usine de très grande puissance sont plus économiques que celles de deux usines de puissance moitié moindre.

Pour la chaufferie, l'économie résultant d'une augmentation de puissance semble, a priori, devoir être assez faible, car c'est le nombre des générateurs qui augmentera, la capacité de chacun d'eux restant la même à partir d'une certaine limite. Néanmoins, il sera possible de réaliser dans l'exploitation une série d'économies d'importance relativement minime, mais dont la somme est considérable. La main-d'œuvre peut être en effet réduite par l'emploi de convoyeurs pour le charbon et les escarbilles, de chargeurs mécaniques; la consommation de

[1] *Electrical World* du 27 août 1898.

[2] Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, nos 2 et 3, 1895.

charbon diminuée par l'emploi d'économiseurs, etc., dont l'installation serait relativement trop coûteuse dans une usine de faible puissance. D'autre part, les machines auxiliaires actionnant les pompes d'alimentation consomment, comme on le sait, une énorme quantité de vapeur; la puissance des pompes d'alimentation croissant avec la puissance totale de l'usine, les pompes d'une grande usine pourront être actionnées par une machine à triple expansion procurant une économie sensible par kilogramme de vapeur produite par les chaudières.

Dans la salle des machines, le nombre des groupes de moteurs et de générateurs électriques sera aussi à peu près proportionnel à la puissance totale de l'usine, à partir d'une certaine limite. Les frais d'installation croîtront donc à peu près proportionnellement à la puissance. Mais là encore les frais d'exploitation ne suivront pas cette loi de proportionnalité. La main-d'œuvre se trouvera réduite du fait qu'un mécanicien pourra surveiller plusieurs moteurs; la dépense d'huile pourra être diminuée par l'emploi du graissage par circulation continue; les réparations seront rendues plus commodes, et par conséquent, moins onéreuses, par l'usage d'un pont roulant et d'autres engins dont l'installation ne saurait trouver place dans les petites usines.

Une grande usine possède également sur une petite usine l'avantage de mieux utiliser son matériel. Sur les réseaux d'éclairage ou de traction étendus, le maximum de la charge des diverses portions du réseau ne se produit pas au même instant; par suite il se produit une sorte de compensation qui augmente le facteur de charge pour une même puissance maximum et diminue par conséquent le prix de revient de l'unité d'énergie.

D'un autre côté, une usine de grande puissance suppose implicitement l'usage d'un réseau de distribution à courants alternatifs à haute tension, car généralement la puissance consommée n'est grande que si la surface desservie est elle-même considérable, et par suite les pertes en ligne prendraient une importance conduisant à préférer la construction de deux ou plusieurs usines, si ces pertes n'étaient réduites à leur minimum par l'emploi de hautes tensions. Si l'on veut qu'une distribution à courants alternatifs présente les mêmes conditions de sécurité qu'une distribution à courant continu, une batterie d'accumulateurs devient nécessaire pour parer à un accident des générateurs. Or l'emploi d'une batterie d'accumulateurs suppose l'usage de transformateurs tournants dont l'installation ne serait pas justifiée dans les petites usines, par suite de l'augmentation relativement importante des frais d'établissement qui en résulterait.

Pour toutes ces raisons, notre confrère estime que la pratique ancienne consistant à diviser un réseau de distribution en sous-réseaux alimentés par des usines distinctes, doit être définitivement abandonnée et que la tendance actuelle à augmenter la puissance des usines génératrices et l'importance du réseau qu'elles alimentent ne peut manquer de se développer rapidement.

Gazogène à gaz de bois, système Riché. — Dans les scieries et autres usines où l'on travaille le bois, on est souvent embarrassé par l'accumulation des sciures, copeaux et déchets. Ces résidus sont, il est vrai, utilisés pour le chauffage des générateurs de vapeur fournissant à l'usine la force motrice nécessaire, mais, outre la difficulté de régler les foyers ainsi alimentés, cette utilisation n'est que partielle. La solution indiquée par M. H. Riché, ingénieur des arts et manufactures et répétiteur à l'École centrale, est certainement préférable; non seulement elle fournit un gaz propre à la production de la force motrice, mais encore capable de fournir l'éclairage de l'usine, et en outre elle donne un excellent charbon de bois.

Le procédé est d'ailleurs des plus simples : les résidus portés à une haute température donnent, par distillation, un gaz formé d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'anhydride carbonique, de divers hydrocarbures gazeux et renfermant une forte proportion de vapeurs d'huiles goudronneuses, d'acides pyroligneux, d'alcools et d'eau; ces gaz et vapeurs passent ensuite sur du charbon de bois porté à une température encore plus élevée et fournissent un mélange gazeux ne renfermant guère que de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, du méthane et de l'anhydride carbonique. Le point caractéristique du procédé consiste dans cette purification des gaz provenant de la distillation par leur passage sur du charbon de bois très fortement chauffé.

Les deux opérations, distillation et purification, s'effectuent dans le même appareil. La cornue se compose d'un cylindre vertical en fonte, terminé inférieurement par un cône très allongé; l'ensemble a trois ou quatre mètres de hauteur et est placé dans une gaine en maçonnerie réfractaire; la partie supérieure du cylindre est hermétiquement fermée par un couvercle de fonte; la partie inférieure du

cône est en communication avec une chambre en fonte de petites dimensions où se rassemblent en grande partie les poussières entraînées par le gaz; un tuyau partant de cette chambre conduit celui-ci dans un réservoir étanche à demi rempli d'eau, enfin une canalisation relie ce laveur à un gazomètre. Le chauffage du cylindre et du cône s'effectue au moyen d'un combustible de faible valeur : fines de houille, de coke ou même déchets de bois. La construction du foyer permet de mettre une couche assez épaisse de combustible (20 à 30 cm) de manière à constituer un petit gazomètre Siemens. Les gaz qui se dégagent sont brûlés au-dessus de la couche de combustible par l'air admis à travers des ouvertures à papillon, ménagées dans les portes du foyer; les produits de la combustion sont dirigés par un carneau vers la partie inférieure de la gaine de maçonnerie entourant la cornue.

Suivant la quantité de gaz qui est nécessaire, on accole un nombre plus ou moins grand de ces éléments dans un même massif de maçonnerie.

Pour la mise en charge, on commence par remplir complètement la partie tronconique des cornues de charbon de bois commercial et on active le foyer de manière à porter la cornue au rouge cerise. On enlève alors le couvercle du cylindre, on introduit la charge de bois et on referme hermétiquement la cornue, de manière à ce que les produits de la distillation se trouvent forcés de traverser la colonne de charbon.

Au bout de 40 à 50 minutes, la distillation est terminée et l'on introduit une nouvelle charge; s'il y a lieu, on fait tomber par une ouverture latérale située à la partie inférieure de la cornue une certaine quantité de charbon de bois que l'on reçoit dans un étouffoir.

Chaque élément de cornue distille en une heure 12 kg de bois et fournit 2,500 kg de charbon et 10 m³ de gaz. D'après une analyse de M. Chavanon, ingénieur-chimiste aux glaceries de Saint-Gobain, ce gaz est formé de 44,2 d'hydrogène, 22 d'oxyde de carbone, 12,47 de méthane et 21,33 d'anhydride carbonique pour 100 parties de gaz.

Une installation assez importante a été faite, il y quelques mois, à la Scierie française de Calais par la Compagnie du gaz Riché, de concert avec la Société générale des industries économiques (moteurs à gaz Charon). Cette installation comprend : un gazomètre à quatre gaines verticales contenant chacune quatre cornues, un gazomètre de 100 m³ et un moteur Charon de 50 chevaux. Des huit cornues, six seulement fonctionnent, les deux autres servant de réserve; la production moyenne de cette batterie est de 50 m³ de gaz par heure. Actuellement la Compagnie du gaz Riché construit un gazogène de 200 m³ à l'heure pour la production de la force motrice dans l'usine du boulevard Serrurier, à Paris, que fait établir la Compagnie des émeris et produits à polir.

Le prix de revient de la puissance motrice ainsi produite est des plus faibles. Il résulte en effet d'un procès-verbal, rédigé à la suite d'essais industriels faits à la Scierie française de Calais, que 1 362 kg de déchets de bois sans valeur, distillés avec une dépense de 550 kg de fines de houille ont produit 208,5 kg d'excellent charbon de bois et une quantité de gaz suffisante pour actionner, pendant 20 heures, le moteur Charon, qui développait 55,25 chevaux mesurés au frein.

Il résulte de ces chiffres que la consommation de houille n'est que de 500 gr environ par cheval-heure. En comptant l'amortissement, la main-d'œuvre, et même en supposant que le bois distillé ait une valeur commerciale, le prix du cheval-heure ne serait donc certainement pas supérieur à 0,02 fr.

Le nombre des téléphones en service. — *Electrical Engineering*, de Chicago, publiait récemment les résultats d'un recensement qu'il a entrepris et relatif au nombre des téléphones en service dans les divers pays à la fin de l'année 1898. Ces résultats sont indiqués dans la première colonne du tableau ci-joint; la seconde colonne donne les chiffres relevés dans les publications officielles et qui se rapportent au mois de janvier 1898; les troisième et quatrième colonnes donnent quelques chiffres permettant de se rendre compte du développement considérable qu'ont pris les services téléphoniques dans ces dernières années.

Notre confrère américain fait observer que les chiffres qu'il a rassemblés d'après de nombreuses publications techniques, ne peuvent être considérés que comme approximatifs; néanmoins il pense qu'ils sont plutôt inférieurs que supérieurs aux chiffres exacts des téléphones en service.

On voit par ces chiffres que c'est aux Etats-Unis que les appareils téléphoniques sont de beaucoup les plus nombreux. C'est également dans cette contrée que le nombre de conversations par appareil est le plus élevé; ainsi à San Francisco, qui compte 400 000 habitants et 15 000 appareils téléphoniques,

le nombre des conversations par jour et par abonné est en moyenne égal à 20.

PAYS	1898	JANVIER 1898	SEPTEMBRE 1886	1882
Angola, Province. .	200			
Autriche	20000	18950	3032	
Australie (sud) . . .	1400			
Australie (ouest) . .	1400			
Bavière.	15000			
Belgique.	11000	9400	3365	2156
Indes anglaises. . .	2000			
Bulgarie	300	243		
Cap	600			
Cochinchine	200			
Cuba	2500			
Danemark.	15000		1370	
Angleterre	116000		15114	
Finlande.	6000			
France.	35000	31681	7175	4870
Allemagne	140000	131577		2322
Grèce				
Hollande.	12000	7900	2493	1100
Hongrie	10000	8458		
Irlande.	20000			
Italie.	14000	11815	8346	2902
Japon	7000			
Luxembourg	2000	1356		
Nouv. Galles du Sud	8000			
Nouvelle-Zélande. .	7000			
Norvège	21000			
Portugal.	2000			350
Roumanie	400	337		
Russie.	18000	16050	5280	900
Ecosse.	35000			
Sénégal	100			
Espagne.	12000	10810		594
Suède	62000	42354	5705	1000
Suisse.	30000	23446	4900	1200
Tasmanie	1000			
Tunis	300			
Turquie.				
États-Unis.	700000			
Victoria	6600			
Wurtemberg. . . .	7000			

Préparation au four électrique du siliciure de tungstène. — Dans une note présentée à la séance du 5 septembre de l'Académie des sciences (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 393), M. E. VIGOUROUX indique la préparation, les propriétés et la composition d'une combinaison du tungstène et du silicium, combinaison déjà signalée antérieurement par M. Moissan (*Écl. Élect.*, t. VIII, p. 182).

Pour l'obtenir, M. Vigouroux a chauffé au four électrique un mélange de silicium et d'oxyde de tungstène, préparé en calcinant le tungstate d'ammonium, dans les proportions de 100 gr de silicium pour 230 gr d'oxyde de tungstène. Il s'est formé un culot blanchâtre, lourd, cassant, d'aspect franchement métallique et de structure nettement cristalline, empâtant quelques cristaux verdâtres de siliciure de carbone. Pour isoler le siliciure de tungstène, on suspendait le culot au sein d'une solution d'acide chlorhydrique au 1/10, on le reliait au pôle positif d'une pile de deux ou trois éléments, le pôle négatif de cette dernière étant en communication avec une tige de charbon plongeant dans le même liquide. Le métal était ainsi dissous, tandis que le siliciure restait à peu près intact; les cristaux de ce dernier corps tombaient au fond du récipient. On lavait ceux-ci successivement à l'eau régale et à l'ammoniaque qui entrainaient les dernières traces de tungstène libre, puis à l'acide fluorhydrique qui dissolvait la silice, et enfin on traitait par l'iodure de méthylène pour séparer, par suite de leurs densités différentes, le siliciure de tungstène du siliciure de carbone, lequel est plus léger que le précédent.

Le siliciure de tungstène ainsi obtenu se présente sous forme de lames cristallines à aspect métallique, de couleur gris d'acier; sa densité est 10,9. Il est attaqué avec une vive incandescence par le chlore entre 200 et 300°, sans incandescence et à des températures plus élevées par le brome et l'iode. L'oxygène pur et sec le brûle, vers 500°, avec incandescence; l'air sec l'oxyde, avant le rouge, sans incandescence. L'azote n'agit à aucune température.

Les acides n'ont pas d'action; l'eau régale, même à chaud, n'a pas d'effet appréciable. Il n'y a que le mélange d'acide azotique et d'acide fluorhydrique qui fournisse une action violente, même à froid, avec dégagement de vapeurs rutilantes.

Les alcalis en solution l'attaquent faiblement; quand il sont fondus, leur action est très vive. Les carbonates alcalins fondus donnent naissance à des silicatungstates alcalins avec incandescence. L'azotate de potassium produit une action moins vive.

Pour faire l'analyse, le siliciure a été attaqué par le chlore; le chlorure de silicium a été transformé en silice qui a été pesée; le chlorure de tungstène, traité par l'acide azotique, a donné de l'acide tungstique qui a été pesé après calcination. Cette analyse a conduit à la formule Si^3Tu^2.

L'auteur pense qu'il existe un autre siliciure de tungstène.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 15 Octobre 1898 6e Année. — N° 42.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

ÉTUDE DES MOTEURS A COURANTS POLYPHASÉS[1]

V. — Champs tournants multipolaires pratiques. Dispersion magnétique ou perte de flux, calcul des réductances, des flux et des coefficients d'induction. Exemple pratique.

La figure 11 du précédent article, reproduite ici, représente un flux simple d'un champ double de moteur polyphasé. On y voit que la portion *aob* du flux circule dans le fer compris entre les enroulements et dans l'entrefer sans atteindre le bobinage d'induit proprement dit. Les portions *ac* et *bd* forment le flux utile. Nous nous proposons de déterminer la fraction *aob* du flux qui échappe à l'induit et que l'on appelle la *perte* de flux ou encore la *dispersion* du flux, dispersion due au refoulement des lignes de force produit par la force contre-magnétomotrice de l'induit.

Nous dirons d'abord un mot des méthodes employées pour tenir compte de ces pertes de flux.

1° *Méthode de Kapp.* — M. Kapp a proposé un système de calcul de l'influence des pertes de flux que l'on a appliqué d'abord aux transformateurs. Il consiste à considérer : 1° un *flux résultant* Φ passant dans l'inducteur et dans l'induit et dû à la force magnétomotrice résultante de celles des deux enroulements; 2° un *flux local* φ_1 produit par l'inducteur

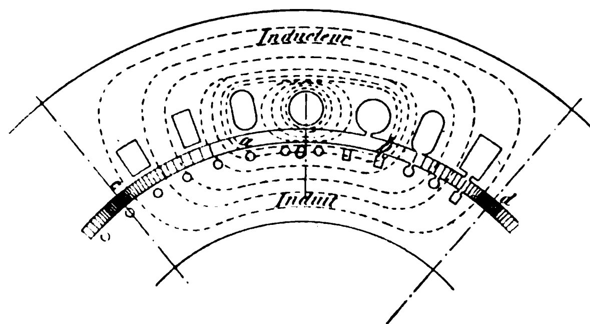


Fig. 11. — Détail des moteurs à champs tournants multipolaires pratiques.

entre les deux enroulements et se fermant à l'extérieur de l'enroulement inducteur; 3° un flux local φ_2 dû à l'induit, passant entre les deux enroulements et à l'intérieur des bobines induites.

Les deux derniers flux étant naturellement en phase avec les courants inducteurs et induits, on en tient compte en les assimilant à deux self-inductions spéciales dites de dis-

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 437, 10 septembre 1898.

persion et en introduisant dans les calculs deux forces électromotrices correspondantes.

Or, le flux Φ, provoqué par la force magnétomotrice résultante, de même sens que celle de l'inducteur, mais décalée sur le courant correspondant, est le seul qui puisse exister dans l'induit. La force contre-magnétomotrice de l'induit ne peut pas produire un flux φ_2 intérieur à l'enroulement et de sens contraire à Φ. Le flux φ_1, qui est en quelque sorte une dérivation du flux Φ inducteur, existe seul entre les deux enroulements et il se réunit à l'extérieur au flux Φ de même sens pour circuler dans la carcasse inductrice comme l'indique la figure 11. La force contre-magnétomotrice de l'induit et la force magnétomotrice effective ΦR dans l'induit augmentent ce flux de perte, mais ne produisent pas de flux φ_2. Les forces magnétomotrices ci-dessus décalent le flux φ_1 par rapport à la force magnétomotrice inductrice de I_1.

Nous établirons nos formules en ayant égard seulement aux deux flux Φ et φ_1, parce qu'il est plus facile et surtout plus exact de procéder ainsi.

2° *Méthode de Blondel.* — M. Blondel a recours aux coefficients V_1 et V_2 d'Hopkinson des deux circuits magnétiques des flux fictifs inducteur et induit. En réalité, les flux et les coefficients n'existent pas. Comme nous venons de le voir il n'y a qu'un seul flux, produit par deux forces magnétomotrices composantes dans un circuit magnétique principal et un seul flux de perte dans un circuit secondaire, qui donne lieu à un seul coefficient V d'Hopkinson. Nous croyons simplifier notre étude en ayant égard seulement à ces deux derniers facteurs.

3° *Méthode que nous allons employer.* — Nous en considérerons successivement les divers points.

a) Introduction. — Les lettres A, B et E de la figure 19 représentent les encoches et l'entrefer du moteur.

Admettons que les courants soient sensiblement opposés en phase, comme au démarrage. Les forces magnétomotrices sont F_1 et F_2. A la périphérie externe *x* ou *y* des enroulements, elles sont nulles et + F_1 et — F_2 à la périphérie interne. Les diagrammes

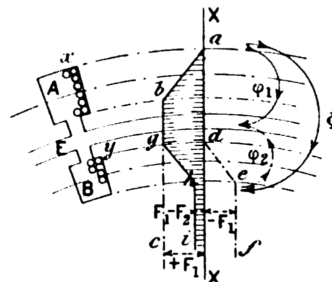


Fig. 19. — Diagramme de la force magnétomotrice résultante dans l'induit, l'entrefer et les encoches d'un moteur à courants polyphasés.

individuels de ces forces magnétomotrices composantes sont *abc* et *def*, et le diagramme (hachuré) de la force magnétomotrice résultante est *abghi*.

La force magnétomotrice utile $F_1 — F_2$ en *hi* est faible et la force magnétomotrice *bg* du flux de perte est très grande, elle vaut la force magnétomotrice entière de l'inducteur. Depuis l'intérieur de l'induit jusqu'à l'extérieur de l'inducteur la force magnétomotrice ne change pas de sens et il en est de même du flux : le flux local φ_2 qui serait dû au secondaire ne peut donc se former.

En *abgd*, la phase du flux de perte est celle de la force magnétomotrice de l'inducteur et en *dgh* c'est celle qui résulte de la composition des forces magnétomotrices inductrices et induites, mais, vu la faible importance relative de ce dernier espace, nous admettons que la phase du flux de perte dans l'ensemble *abghi* est celle des courants de l'inducteur.

La connaissance de la force magnétomotrice et celle de la réluctance dans l'espace AEB permettront évidemment de déterminer le seul flux de perte φ_1. Le problème à résoudre est aussi simple que celui du circuit magnétique principal et du flux Φ.

b) Longueur fictive du circuit magnétique des pertes dans l'entrefer. — Fixons d'abord

la longueur *aob* (fig. 11) du circuit de perte et la valeur de la force magnétomotrice effective de perte à considérer.

1° *Moteurs à courants diphasés.* — La figure 14 indique que, dans un cas, la force magnétomotrice maximum $\frac{1}{2} 4\pi \frac{N'}{2} I$, qui est aussi la force magnétomotrice provoquant la perte, est distribuée sur la longueur BC,

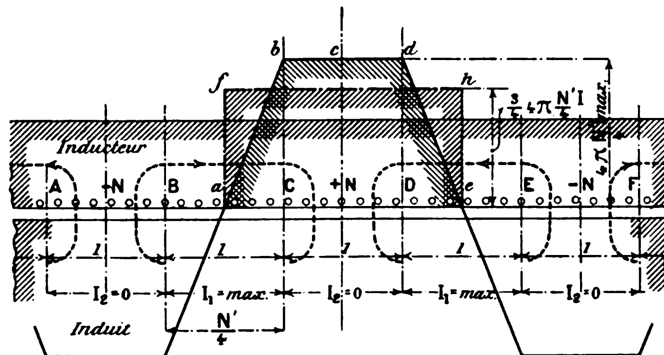


Fig. 14. — Sommation des forces magnétomotrices des faisceaux de fils d'un moteur pratique à courants diphasés, les deux courants étant maximum et nul.

égale à la demi-longueur d'un flux. La longueur *aob* est donc ici égale approximativement à 0,5 *cd*.

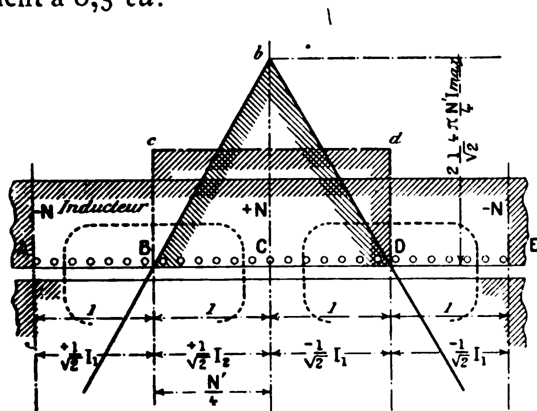


Fig. 15. — Sommation des forces magnétomotrices des faisceaux de fils d'un moteur à courants diphasés, les deux courants valant I sin 45°.

La figure 15 montre qu'à un autre moment la force magnétomotrice maximum $\frac{\sqrt{2}}{2} 4\pi \frac{N'}{2} I$ est distribuée sur toute la longueur d'un flux.

La force magnétomotrice moyenne le long de l'entrefer étant $0{,}364 \, 4\pi \frac{N'}{2} I$ et la réluctance étant proportionnelle à la longueur du circuit magnétique, on peut admettre que, dans les cas précédents, la force magnétomotrice longitudinale qui provoque le flux de perte est la force magnétomotrice moyenne, et la longueur du circuit :

$$0{,}5\, cd \times \frac{0{,}364}{0{,}5} = 0{,}364\, cd.$$

dans la première hypothèse et

$$\frac{1 \times 0{,}364}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0{,}514\, cd$$

dans la seconde.

La longueur moyenne à considérer est donc 0,44 *cd* pour conserver dans les calculs la force magnétomotrice moyenne connue.

2° *Moteurs à courants triphasés.* — Les mêmes calculs que ceux ci-dessus donnent pour longueur des flux de perte :

$$\frac{2}{3} \times \frac{0{,}387}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{2}{3} \times \frac{0{,}387 \times 3}{\sqrt{3}} = 0{,}447\, cd$$

et

$$\frac{1 \times 0{,}387}{\frac{2}{3}} = \frac{0{,}387 \times 3}{2} = 0{,}58\, cd;$$

en moyenne, 0,514 *cd*.

3° *Moteurs multiphasés.* — *Cas général.* —

Les mêmes calculs que ceux ci-dessus conduisent au résultat suivant :

$$\frac{1 \times 0{,}405}{\frac{2}{\pi}} = 0{,}637\,cd.$$

On voit par ces résultats que les polyphasés sont plus avantageux que les triphasés et ceux-ci plus que les diphasés.

c) Réluctance du circuit magnétique utile et du circuit des pertes de flux. — Nous avons évalué ci-dessus la force magnétomotrice moyenne qui crée le flux utile dans l'entrefer, et nous avons supposé que le flux s'étendait sur toute la longueur de ce dernier. En nous servant de la même force magnétomotrice, nous avons calculé la longueur fictive du circuit *a o b* (fig. 11) des pertes à considérer.

En réalité, là où les pertes existent dans l'entrefer, le flux utile est nul et il y a une région occupée par chaque flux à l'exclusion de l'autre.

A circuit ouvert, le point de séparation est près de la ligne neutre (fig. 11). En marche normale, il s'en écarte, parce que les courants dépassent déjà de beaucoup le courant magnétisant, c'est-à-dire le courant inducteur qui, existant seul, donnerait le flux actuel. En effet, les courants inducteurs et induits donnent la force magnétisante résultante *du flux utile* Φ *par leur différence* (fig. 19), ou, plus exactement, par leur composition géométrique, tandis que les pertes sont produites par les courants inducteurs seuls. On comprend qu'au démarrage, quand les courants inducteurs et induits sont sensiblement opposés en phase, la différence entre les forces magnétomotrices utiles et des pertes devient maximum.

La détermination exacte de ce point de séparation des flux Φ et φ_1 est très difficile. Elle conduirait à une solution permettant d'isoler exactement les deux circuits magnétiques, auxquels il faudrait alors appliquer des forces magnétomotrices exactes et non des moyennes. On arrive approximativement au même résultat en considérant la production isolée des deux flux par la force magnétomotrice moyenne. Pour le flux utile, on étend ainsi la section en diminuant la réluctance, mais la considération de la force magnétomotrice moyenne compense la différence. Pour le flux de perte, on compte sur une étendue *a o b* trop grande ou trop petite, mais on considère une force magnétomotrice qui lui est proportionnelle et le rapport ou le flux reste invariable.

1° Premier exemple. — Moteurs a encoches ouvertes

Soit un moteur hexapolaire dont le dessin de l'un des flux (demi-champ) est représenté par la figure 20. Les deux flux y sont figurés dans les conditions conventionnelles que nous venons de voir. Le flux principal est UV et le flux des pertes W.

Réluctance du circuit principal. — Ne comptons que la partie fer et l'entrefer.

Les retours U et V, les cloisons entre les encoches de l'inducteur et de l'induit ont même section, ce qui simplifie le calcul ; la réluctance des parties fer aux faibles inductions de 5 500 environ étant peu importante, nous supposons que les bords qui ferment les encoches et qui ont 2 et 4 mm d'épaisseur ont même section utile que les cloisons ; l'épaisseur commune de l'inducteur et de l'induit est de 220 mm dont 186 de fer; les sections utiles sont indiquées sur la figure ; quant à l'entrefer, sa longueur est de 16 cm, l'épaisseur d'un flux 8 cm et la largeur 22 cm.

Evaluons la réluctance du flux et divisons par deux pour avoir celle des deux flux partiels qui donnent un champ.

Auparavant, il y a à fixer l'induction magnétique en déterminant le flux total à produire. Nous pourrons y arriver si nous avons calculé tous les éléments du moteur.

Admettons que le moteur est alimenté par des courants triphasés sous 200 volts effi-

caces aux bornes, que le coupl·ge est en étoile, que ω_1, ou la vitesse angulaire des courants, est $2\pi n$ ($n = 50 =$ fréquence) ou $2 \times 314 \times 50 = 314$, que le nombre de fils périphériques est 432 sur l'inducteur et que le nombre m_1 de phases est 3. Nous verrons

Fig. 20. — Circuits magnétiques des flux utiles et des pertes d'un moteur hexapolaire à encoches ouvertes.

un peu plus tard, qu'au synchronisme on a pour voltage d'une phase $\frac{200}{\sqrt{3}} = 115{,}5$ volts et qu'on peut poser approximativement

$$115{,}5 = \frac{k}{\sqrt{2}} \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1} \times 10^{-8}$$

(k valant 0,966 pour 12 encoches par champ double) :

$$\Phi = \frac{115{,}5 \times 10^8 \sqrt{2} \times 2 \times 3}{0{,}966 \times 314 \times 432} = 745\,000.$$

L'induction $\mathfrak{B}$ est ainsi approximativement dans les retours U et V, de

$$\mathfrak{B} = \frac{745\,000}{2 \times (67 + 5{,}8)} = 5\,100.$$

La perméabilité correspondante est forte. Elle s'élève à 2 350.

Le flux au démarrage est beaucoup moindre qu'en charge.

Il est tel que l'on a :

$$E_2 = R_2 \frac{I_2}{\sqrt{2}} = \frac{k_2}{\sqrt{2}} \omega_1 \Phi \frac{N_2}{2 m_2} \times 10^{-8}$$

R_2 est la résistance d'une phase induite, N_2 ($N_2 = 270$) le nombre total de fils de l'induit et m_2 le nombre de phases.

R_2 doit être prise à chaud, à 80° par exemple.

R_2 à froid $= 0{,}14$ ohm,
à 80° $R_2 = 0{,}182$ ohm.

La section du fil de l'induit est de 4,9 mm² ($d = 2{,}5$ mm) et le courant $\frac{I_2}{\sqrt{2}}$ de 35 ampères si l'on tolère une densité de 7 ampères par mm².

$$R_2 \frac{I_2}{\sqrt{2}} = 0{,}182 \times 35 = \frac{0{,}966}{\sqrt{2}} 314 \,\Phi \frac{270}{2 \times 3} 10^{-8}$$

$$\Phi = \frac{0{,}182 \times 35 \times 10^8 \sqrt{2} \times 2 \times 3}{0{,}966 \times 314 \times 270} = 66\,000.$$

L'induction au démarrage est donc approximativement :

$$\text{inducteur, } \frac{66\,000}{2\,(67 + 5{,}8)} = 450 \text{ environ,}$$

$$\text{induit, } \frac{66\,000}{2 \times 67} = 500.$$

La perméabilité est alors de 600, soit quatre fois moindre qu'en marche normale.

La réluctance du flux principal en marche normale est :

$$\mathcal{R}_n = \left(\frac{16,7 + 12}{2350 \times 67} + \frac{3,4 \times 2}{2350 \times 75} + \frac{0,2}{8 \times 22}\right) \times \frac{1}{2} = (2,21 + 11,4)\,10^{-4} \times \frac{1}{2} = 6,8 \times 10^{-4}.$$

Au démarrage, $2,21 \times 10^{-4}$ devient $8,84 \times 10^{-4}$.

$$\mathcal{R}_d = (8,84 + 11,4)\,\frac{1}{2}\,10^{-4} = 10,12 \times 10^{-4}$$

$$\frac{\mathcal{R}d}{\mathcal{R}n} = 1,49.$$

Réluctance du circuit des pertes. — Ne considérons que les espaces d'air compris sur 0,514 du développement, soit à peu près les espaces situés entre LM et ST.

Devons-nous considérer la profondeur entière des encoches ? Non, évidemment.

Pour les encoches inductrices, remarquons, d'après la figure 19, que la force magnétomotrice y varie de o à un maximum ; que, partant, tout se passe comme si la force magnétomotrice y était constante et maximum, mais leur profondeur réduite de moitié. Enfin, les différentes lignes de force y coupant un nombre de spires variant aussi de o à un maximum, il faut de nouveau réduire de moitié la nouvelle profondeur des encoches si l'on veut conserver le nombre total des spires dans les calculs. En résumé, la force magnétomotrice et le nombre de spires coupées par le flux perdu variant de o à des maxima, on peut compter sur ces maxima mais quadrupler la réluctance en la réduisant fictivement au quart de la profondeur des encoches.

Pour les encoches induites, la force magnétomotrice y variant comme ci-dessus, il faut réduire leur profondeur de moitié. La conductance des encoches, de leurs ouvertures et de l'entrefer est ainsi :

$$\frac{11}{4,2} + \frac{8,8}{1,8} + \frac{2,2}{8} + \frac{4,4}{2,5} + \frac{8,8}{4} = 11,8, \text{ soit } 12.$$

A circuit induit ouvert, il y a tendance à perte de flux entre les régions BCW et WGI des faces latérales, dont la conductance est d'environ :

$$\frac{2 \times \text{Gl ou BC}}{\pi}\, l_n\, \frac{r_1}{r_2} = \frac{2,2}{3,14}\, l\, \frac{8}{1} = 2,9.$$

Mais cette perte ne se produit pas, ou peu, parce que dans le même espace, les paquets de fils de liaison produisent un flux qui se ferme par le fer de la machine (l'enveloppe de l'inducteur).

En négligeant la partie de fer de ce nouveau circuit de perte, nous trouvons pour sa conductance :

$$\frac{S}{l} = \frac{7 \times 16}{7} = 16,$$

par côté et 32 pour les deux côtés ou faces de l'inducteur.

La conductance totale des circuits de pertes est donc de :

$$12 + 32 = 44$$

par flux, ou de :

$$C = 44 \times 2 = 88,$$

par champ.

A circuit induit fermé, et particulièrement au démarrage, la force magnétomotrice de l'enroulement de l'induit maintient la force magnétomotrice constante et maximum dans l'espace compris entre les deux bobinages. Nous admettrons qu'à circuit induit ouvert la force magnétomotrice effective dans le même espace varie d'un maximum, près des fils inducteurs, à zéro, et, pour ne compter que sur la valeur maximum dans les calculs, que la conductance 32 diminue de moitié.

La *conductance totale* aux pertes de flux, à circuit induit ouvert, est ainsi :

$$(12 + 16) \times 2 = 56.$$

Les réluctances à circuits induits ouverts et fermés sont ainsi :

$$\mathcal{R}_p = \frac{1}{56} \text{ et } \frac{1}{88} = 1,79 \text{ et } 1,14 \times 10^{-2}.$$

2° Deuxième exemple. — Moteur a encoches fermées.

Le détail des encoches est donné par la figure 21.

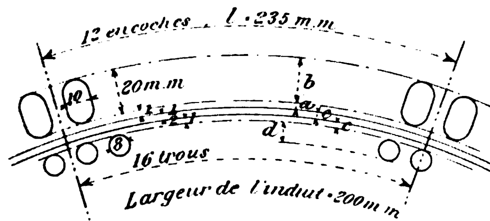


Fig. 21. — Détail d'un moteur à encoches fermées.

a. Circuit principal. — Pour évaluer la réluctance du circuit principal, on opère comme ci-dessus.

b. Circuit des pertes. — 1° *Entrefer.* — La longueur d'un entrefer est al, a étant le coefficient que nous avons déterminé, et sa largeur L, soit 200 mm, est celle de l'induit.

Sa réluctance est :

$$r_e = \frac{al}{eL}.$$

Et la conductance :

$$C_e = \frac{1}{r_e} = \frac{eL}{al}.$$

2° *Voile en fer entre les encoches et l'entrefer.*

Epaisseur : $a + c$. On se donne l'induction spécifique, d'où la perméabilité μ', que l'on corrige plus tard après un essai de calcul du flux de perte basé sur la connaissance des forces magnétomotrices en cause et le coefficient k qui donne le rapport de la section fer à la section totale

$$r' = \frac{al}{(a+c)kL\mu'}.$$

$$C' = \frac{1}{r'} = \frac{(a+c)kL\mu'}{al}.$$

3° *Encoches de l'inducteur.* — Comme nous l'avons déjà constaté, on peut considérer que la force magnétomotrice est uniforme et réduire au quart la profondeur b des encoches, ce quart est ici de 5 mm.

L'épaisseur moyenne d'air dans ce quart inférieur demi-circulaire est :

$$12 \times a \times 1{,}0 \times \frac{2}{\pi} = 7{,}65\, a \text{ cm}.$$

L'épaisseur de fer : $(23{,}5 - 7{,}65)\, a$ cm.

La réluctance et la conductance totales, en choisissant μ'' par tâtonnements, sont ainsi :

$$r'' = \frac{7{,}65\, a}{0{,}5\, L} + \frac{(23{,}5 - 7{,}65)\, a}{0{,}5\, kL\mu''}$$

$$C'' = \frac{1}{r''}$$

ou approximativement :

$$r'' = \frac{7{,}65\, a}{0{,}5\, L}$$

$$C'' = \frac{1}{r''} = \frac{0{,}5\, L}{7{,}65\, a}.$$

4° *Encoches de l'induit.* — Tout le flux qui coupe les encoches de l'induit traverse l'inducteur. La force magnétomotrice de perte dans l'épaisseur de l'enroulement induit variant sensiblement de zéro à un maximum, il faut compter seulement sur la moitié de l'épaisseur des encoches, ou 0,4 cm.

$$r''' = \frac{16 \times 4 \frac{2}{\pi} \times a}{0{,}4\, L} + \frac{\left(23{,}5 - 4 \frac{2}{\pi}\, 16\right)}{0{,}4\, kL\mu'''}$$

$$C''' = \frac{1}{r'''};$$

Approximativement :

$$r''' = \frac{16 \times 4 \frac{2}{\pi}\, a}{0{,}4\, L}$$

$$C''' = \frac{0{,}4\, L}{16 \times 4 \frac{2}{\pi}\, a}.$$

5° La conductance aux *pertes latérales* aux enroulements, par l'enveloppe de la carcasse, se calculerait comme au premier exemple.

6° *Retour du flux de perte par la carcasse de l'inducteur.* — Ce retour est généralement peu résistant et négligeable. On peut en tenir compte en déterminant la perméabilité du métal par un tâtonnement approximatif. Soient r^{IV} et C^{IV} les facteurs de cette partie du circuit.

c. *Remarque*. — Si l'enroulement inducteur était exécuté sous forme d'anneau, le flux inducteur qui se disperse à la périphérie externe de l'inducteur agirait sur le circuit électrique et il faudrait en tenir compte. Dans le cas le plus général de l'enroulement en tambour, cette dispersion ne fait que diminuer la perméabilité du fer de l'inducteur et elle est peu importante. Il faudrait donc en tenir compte à ce dernier point de vue seulement, ce qui est généralement négligeable.

d. *Coefficients d'induction*. — Nous appellerons *coefficients de self-induction d'une phase* de l'inducteur et de l'induit les deux coefficients :

$$L'_1 = \frac{K_1 k_1}{m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathcal{R} 4p},$$
$$L'_1 = \frac{K_2 k_2}{m_2} \frac{4\pi N^2_2}{\mathcal{R} 4p};$$

coefficient d'induction mutuelle de l'inducteur par rapport à une phase de l'induit, le facteur

$$M_1 = \frac{K_1 k_2}{m_2} M = \frac{K_1 k_2}{m_2} \frac{4\pi N_1 N_2}{\mathcal{R} 4p};$$

coefficient de self-induction de dispersion d'une phase de l'inducteur, la valeur

$$l'_1 = \frac{K_1 k_1}{m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathcal{R}_p 4p}.$$

Ces coefficients deviennent, avec les valeurs R et R*p* déterminées, pour le moteur triphasé à 6 pôles et 12 encoches par champ du premier exemple :
en marche normale,

$$L'_1 = 3{,}58 \times 10^{-2} \quad L'_2 = 1{,}4 \times 10^{-2} \quad M_1 = 2{,}23 \times 10^{-2}, \quad l'_1 = 2{,}15 \times 10^{-3}$$
$$K_1 = K_2 = 0{,}387, \quad k_1 = k_2 = 0{,}966, \quad m_1 = m_2 = 3.$$

au démarrage,

$$L'_1 = 2{,}4 \times 10^{-2} \quad L'_2 = 0{,}94 \times 10^{-2} \quad M_1 = 1{,}5 \times 10^{-2} \quad l'_1 = 2{,}15 \times 10^{-3}$$

à circuits induits ouverts,

$$l'_1 = 1{,}37 \times 10^{-3}.$$

VÉRIFICATIONS EXPÉRIMENTALES RELATIVES AU PREMIER EXEMPLE

1° *A circuits induits ouverts et en marche normale* on établit très facilement que, si on alimente les circuits inducteurs du moteur après avoir déconnecté les liaisons des phases de l'induit, le moteur ne tourne pas et fonctionne comme un transformateur *à circuit induit ouvert*. On peut mesurer les courants inducteurs I_1 et les voltages inducteurs et induits

$$E'_1 \text{ et } E_2.$$

E'_1 est sensiblement égal aux forces électromotrices de self-induction et E_2 à la force électromotrice d'induction mutuelle. On a :

$$E'_1 = \omega_1 I_1 (L'_1 + l'_1)$$
$$E_2 = \omega_1 M_1 I_1$$
$$\frac{L'_1}{M_1} = \frac{k_1 m_2}{m_1 k_2} \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{432}{270} = 1{,}6$$

d'où

$$E'_1 = E_2 \times 1{,}6 + \omega_1 l'_1 I_1$$
$$l'_1 = \frac{E'_1 - E_2 1{,}6}{\omega_1 I_1}.$$

En alimentant le moteur sous 169,5, 191,5, 213 volts efficaces aux bornes de l'étoile, soit 98, 110,5, 123 volts par phase, nous avons trouvé en moyenne

$$l'_1 = 1{,}6 \times 10^{-3}$$

c'est

$$\frac{(1{,}6 - 1{,}37) \times 100}{1{,}37} = 16{,}7 \text{ p. } 100$$

de plus que ce que le calcul a donné.

Dans l'expérience ci-dessus, la force électromotrice de self-induction par phase était de 93,8 105,5, 118 volts ; le courant inducteur 9,8, 11,1, 12,5 ampères efficaces et le coefficient L'_1 de (en moyenne).

$$L'_1 = \frac{E_1}{\omega_1 I_1} = 3{,}33 \times 10^{-2}$$

pour $3{,}58 \times 10^{-2}$ que donne le calcul, ce qui correspond à une différence de 7 p. 100 seulement.

Quant à la force électromotrice au secon-

daire, par phase, elle atteignait 58,7, 66 et 73,5 volts et M'_1 était en moyenne de :

$$M_1 = \frac{E_2}{\omega_1 I_1} = 2,1 \times 10^{-2}$$

pour $2,23 \times 10^{-2}$ que nous avons trouvé, soit 6,2 p. 100 de différence.

2° *Au démarrage.* — Nous avons relevé les résultats suivants :

Excitation de la génératrice	1.1	2,05	3,2 A eff.
Volts aux bornes du moteur à circuits inducteurs ouverts, par phase.	26	49,7	76,2 volts eff.
Courants induct. à circuits fermés.	10.3	18,7	29,2 A eff.
Volts aux bornes à circuits fermés, par phase. . . .	6,95	15,2	24,8 volts eff.

La formule (66) que nous verrons plus tard donne :

$$E^2_1 = \left(R_1 I_1 + R_2 I_1 \frac{K_1 k_1 N^2_1 m_2}{K_2 k_2 N^2_2 m_1}\right)^2 + \omega^2_2 l'^2_1 I^2_1$$

$$\frac{E^2_1}{I^2_1} = \left(R_1 + R_2 \frac{K_1 k_1 N^2_1 m_2}{K_2 k_2 N^2_2 m_1}\right)^2 + (\omega_1 l'_1)^2$$

$R_1 = 0,117$ ohm (mesuré) à froid aux bornes, 0,124 environ à chaud.

$R_2 = 0,14$ ohm à froid, 0,18 environ à chaud au démarrage.

$$K_1 = K_2, \frac{k_1}{k_2} = \frac{0,966}{0,960}, \quad \frac{N^2_1}{N^2_2} = \frac{\overline{432}^2}{\overline{270}^2}, \quad m_2 = m_1,$$

$$\frac{K_1 k_1 N^2_1 m_2}{K_2 k_2 N^2_2 m_1} = 2,57.$$

Nous trouvons approximativement :

$$45,6 \times 10^{-2} = 0,25 + \omega^2_1 l'^2_1 \qquad l'_1 = 1,45 \times 10^{-3}$$
$$66 \times 10^{-2} = 0,29 + \omega^2_1 l'^2_1 \qquad l'_1 = 1,94 \times 10^{-3}$$
$$72,1 \times 10^{-2} = 0,34 + \omega^2_1 l'^2_1 \qquad l'_1 = 1,97 \times 10^{-3}.$$

Nos prévisions nous avaient fourni le chiffre de :

$$l'_1 = 2,15 \times 10^{-3}.$$

La différence entre le résultat du calcul et ceux de l'expérience est ici assez importante. Le calcul constitue donc une approximation destinée à guider le choix des dimensions, mais il est difficile à réussir parce qu'il faut bien étudier chaque cas particulier de circuit magnétique des pertes. L'accroissement du coefficient l'_1 avec les courants ne peut être dû qu'à la variation de la perméabilité du circuit avec l'extension du flux de perte. Dans notre exemple, $\frac{l'_1}{L'_1}$ varie de $\frac{1}{15,5}$ à $\frac{1}{12}$ au démarrage est de $\frac{1}{20,8}$ à circuits induits ouverts.

VI. — Moteurs à champs tournants avec pôles saillants

On a proposé dans le principe l'emploi de moteurs à champs tournants avec pôles inducteurs saillants dont le type est le moteur Tesla.

Ce dernier moteur, à quatre pôles, est mis en mouvement par deux courants diphasés qui alimentent les circuits des électros.

On peut obtenir de la même façon des moteurs à courants triphasés ou polyphasés, bipolaires ou multipolaires.

Ils présentent ce grave défaut d'être plus volumineux que les moteurs que nous avons étudiés, de donner des flux tournants plus faibles et variables, parce que le circuit magnétique y est plus résistant et est loin d'être symétrique.

Le système à pôles saillants a été le premier type de moteurs à champs tournants essayé. Il est généralement abandonné.

(A suivre.)

S. Hanappe.

L'UTILISATION DES CHUTES DE LA KERKA EN DALMATIE (1)

Il nous reste maintenant, après avoir décrit le matériel, à examiner le côté économique de l'entreprise.

Devis d'établissement et frais d'exploitation. — Les dépenses prévues se rapportent à une usine d'une puissance totale de 7 500 chevaux, dont 6 000 sont représentés par quatre groupes de turbines-dynamos de 1 500 chevaux chacune et servant à la charge normale, un cinquième groupe de 1 500 chevaux restant en réserve.

Les prix pour les fouilles, fondations, maçonneries ont été calculés d'après le coût de la main-d'œuvre propre à la localité.

Fouilles relatives au canal, au réservoir, aux conduites et à l'usine, 24 000 m³ environ à 2,50 fr .	60 000 fr.
Revêtement du canal et du réservoir avec du ciment hydraulique, 6 000 m² environ, à 0,625 fr . . .	3 750 »
Edifice de prise à l'embouchure du canal.	6 250 »
Couverture de 60 m de canal, à 100 fr le m	6 000 »
Grille pour retenir les corps flottants, porte et mécanisme de manœuvre	8 750 »
Mur du réservoir avec couronnement en pierre dure	50 000 »
5 portes d'entrée pour les conduites	5 000 »
Murs de soutien pour les conduites, 180 m³ à 25 fr	4 500 »
5 conduites avec accessoires, attaches et joints de dilatation compris	100 000 »
Bâtiment de l'usine, fondations, canal de décharge, clôture et couverture.	187 500 »
Grue électrique à pont de 30 tonneaux	25 000 »
5 turbines à réaction de 1 700 chevaux, avec régulateur automatique et accessoires.	225 000 »
5 joints élastiques Zodel	18 750 »
5 dynamos à courants alternatifs	760 500 »
A reporter.	700 500 »

Report.	700 500 fr.
triphasés de 1 100 kilowatts avec excitatrice accouplée directement	500 000 »
Tableau de distribution, câbles et matériaux d'isolement	30 000 »
Installation des machines, direction et surveillance des travaux, évaluées à 3 p. 100	45 000 »
Petit atelier pour les réparations ordinaires	12 500 »
Imprévu et intérêt du capital pendant la construction	212 000 »
	1 500 000 fr.

Ce qui fait 200 ou 250 fr par cheval-an suivant que l'on considère la puissance totale ou la puissance normale; et par kilowatt-an 270 ou 337 fr.

Pour fixer le coût du kilowatt produit à l'usine, il faut déterminer d'abord les frais d'exploitation; ceux-ci se divisent en frais fixes, c'est-à-dire indépendants du nombre de kilowatts produits, et en frais variables. Il est entendu que nous ne faisons pas entrer ici en compte les frais des lignes de transmission, réservant cette question pour plus tard.

Comptant l'amortissement, comme il est d'usage pour ce genre d'installation à 1,5 p. 100 pour le bâtiment et les travaux hydrauliques, 2 p. 100 pour les conduites, 5 p. 100 pour les machines et 8 p. 100 pour les appareils, instruments et câbles, on a :

Usine et travaux .	318 000	1,5 p. 100	4 770
Conduites	100 000	2 »	2 000
Machines.	782 500	5 »	39 125
Appareils, etc. . . .	30 000	8 »	2 400
			48 295

Soit en chiffres ronds 50 000 fr.

Les frais d'exploitation s'établissent comme il suit :

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 1er octobre, p. 5, et du 8 octobre, p. 53.

	Fixe.	Variable.
Redevance pour la force hydraulique	75 000	15 000
Graissage		10 000
Nettoyage, usure, etc.		10 000
Remplacements et réparat.		20 000
Directeur technique et administratif	15 000	
Sous-directeur	7 500	
3 électriciens et 5 aides	15 000	10 000
Frais d'administration, comptabilité, impôts	20 000	10 000
Intérêt à 5 p. 100 sur un capital de 1 500 000 fr	75 000	
Amortissement du capital.	50 000	
Imprévu	2 500	7 500
	260 000	82 500

Ce qui fait un total de 342 500 fr, et en supposant une production de 4 400 kilowatts, le prix de revient du kilowatt-an est de 75 fr.

La détermination du prix du kilowatt-heure est moins aisée ; il faut en effet connaître le nombre de kilowatt-heures qui doit être produit dans l'année, et cette donnée manque. En supposant que l'usine travaille à charge complète 5 000 heures par an, la production annuelle de kilowatt-heures serait de 4 500 $\times$ 5 000 = 22 000 000.

Ce qui fait pour prix du kilowatt-heure 0,0156 fr.

Ligne de transmission. — On ne peut établir un projet exact pour la ligne de transmission, car il faudra sans doute porter l'énergie électrique en différents points. La partie principale sera probablement employée à Sebenico, mais il faut prévoir que des industries pourront s'établir à Scardona, à 5 km de l'usine afin de profiter de la présence de l'eau douce.

Aussi, afin d'obtenir un prix moyen pour fixer les idées, nous supposerons que toute la charge doit être transmise à Sebenico (11 km).

Bien entendu la transmission sera aérienne et se fera par fil de cuivre, car l'aluminium coûte encore trop cher.

Dans une ligne, les points faibles sont ceux où les fils reposent sur les poteaux au moyen d'isolateurs.

La pluie forme à la surface de l'isolateur, de son support et du poteau une couche conductrice, et le courant qui peut circuler ainsi

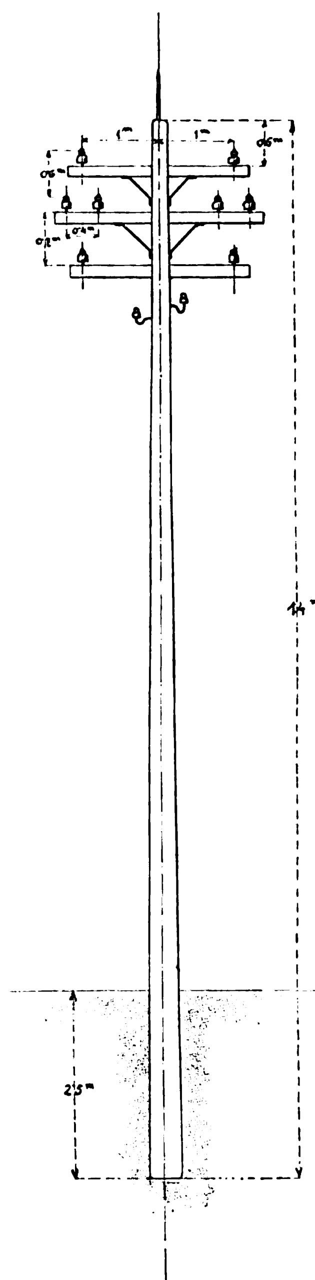


Fig. 20. — Mât de soutien de la ligne de transmission.

est capable de compromettre la solidité. Il convient donc de réduire autant que possible le nombre des points d'attache, mais on ne peut exagérer, à cause de l'instabilité qui en

résulterait. La distance moyenne des supports est fixée par l'expérience entre 30 et 40 m.

Un calcul rapide montre que pour transmettre l'énergie de 4 400 kw en ligne triphasée il faut deux conducteurs de 2 cm^2 de section, ou, avec une ligne double, 6 conducteurs de 1 cm^2. Le dédoublement présente des avantages dans les cas de réparation de la ligne, de plus la charge des poteaux est mieux équilibrée.

Avec une ligne double, et des conducteurs à tresse de 1 cm^2 et du poids de 0,9 kg au mètre, la charge de chaque poteau est 162 kgr sans compter la neige et la glace qui peuvent occasionner une forte surcharge.

Admettons que l'on emploie la même disposition que dans la ligne de Niagara à Buffalo. Les supports sont de solides mâts de sapin (fig. 20) de 14 m, enfoncés à 2,50 m dans le sol, ayant 40 cm de diamètre à la base et 20 au sommet, avec bras en croix renforcés par des tiges d'acier. Les dimensions convenables sont pour ces bras de 12 × 15 cm et pour la tige d'acier 20 cm^2 de section.

Le prix d'un support complet s'établit comme il suit :

Mât de sapin injecté à la base . . .	125	fr
Bras transversaux.	17,50	»
Tiges d'acier.	37,50	»
Isolateurs avec fer porte-isolateur .	45	»
Installation 10 p. 100.	25	»
	250	fr

Sur 11 km il y aura 366 poteaux, 400 en ajoutant 10 p. 100 environ par suite des courbures de la ligne, du passage des routes et du croisement des fils téléphoniques.

Les isolateurs préférables en pratique sont ceux en porcelaine à cloches multiples. Leur valeur ne dépend pas de leur dimension mais de l'état de leur vitrification.

Nous avons admis la valeur de 1 cm^2 pour la section des fils dans le cas d'une distribution à 6 fils. Remarquons que plus la section est grande et plus la perte par transmission est réduite, mais aussi plus le coût de l'établissement est augmenté. Il y a là un juste milieu à tenir, et nous allons déterminer la valeur la plus convenable en nous servant de la méthode indiquée par lord Kelvin.

Le prix qu'il s'agit de rendre minimum comprend celui de la perte en ligne et l'amortissement.

Soient R la résistance totale de la ligne,
I l'intensité du courant à transmettre,
T la durée en heures du fonctionnement à pleine charge correspondant à l'énergie totale transmise dans toute l'année.

L'énergie perdue est

$$RI^2T = L\frac{\alpha}{s}\,I^2T$$

L étant la longueur de la ligne,
α la résistance spécifique,
s la section.

Désignons par p les frais d'exploitation variables par watt-heure produit à l'usine, le travail perdu en ligne coûtera

$$pRI^2T.$$

Soient : B le capital d'établissement de l'usine,
β le taux d'intérêt et l'amortissement de B,
C le capital d'établissement de la ligne,
δ le taux d'intérêt et l'amortissement de C;
le prix qu'il s'agit de rendre minimum est

$$\Pi = pRI^2T + \beta B + \delta C.$$

Le capital d'établissement de l'usine peut s'exprimer par

$$B = m\,(EI + RI^2)$$

m étant le prix par watt produit; le prix de la ligne se compose d'une partie indépendante de la section des conducteurs (poteaux, isolateurs...) et d'une autre qui représente le prix du conducteur employé, on a donc

$$C = (a + bs)\,L \qquad s\,(mm^2) \quad L\,(m);$$

en réalité a n'est pas constant, car les supports doivent être d'autant plus résistants que la ligne est plus lourde, et b dépend de s, car la main-d'œuvre dépend du poids du fil; mais

dans une première approximation on peut considérer a et b comme constants.

On a donc

$$\Pi = p\alpha \frac{L}{s} I^2 T + \beta m \left(EI + \alpha \frac{L}{s} I^2\right) + \delta L (a + bs).$$

Les seules quantités variables sont Π et s, on a le minimum de Π en résolvant $\frac{d\Pi}{ds} = 0$, c'est-à-dire

$$\frac{I}{s} = \sqrt{\frac{\delta b}{\alpha (pT + \beta m)}} = \sigma$$

σ étant la densité de courant la plus économique.

Calculons les valeurs à donner aux lettres de cette formule.

b. Prenons le prix du kgr de tresse de fil de cuivre nu à 2,50 fr et la main-d'œuvre pour l'établissement d'un fil de 0,9 kgr par mètre à 150 fr par kilomètre.

b doit se rapporter à une section de 1 mm² et une longueur de 1 m ; la main-d'œuvre est de 0,0015 et le prix du fil de 0,021, d'où :

$$b = 0{,}01 + 0{,}0015 = 0{,}0225$$

β. Le taux moyen de l'amortissement pour l'usure est de 0,033 et l'intérêt de 0,05, d'où

$$\beta = 0{,}083$$

δ. On admet d'ordinaire pour l'amortissement de la ligne 0,03, d'où :

$$\delta = 0{,}08$$

$\alpha = 0{,}0175$ à la température ordinaire.

m. On a vu que le prix de production du watt était de 0,27.

p. Les frais d'exploitation variables s'élèvent à 82 500 fr et en admettant que l'usine travaille 5 000 heures par an à charge maxima de 4 400 kilowatts, on a

$$p = \frac{82\,500}{5\,000 \times 4\,400\,000} = 0{,}00000375.$$

Portons ces valeurs dans la relation qui donne σ, nous avons

$$\sigma = 1{,}58$$

ainsi la densité la plus économique à assigner aux conducteurs est de 1,6 ampère.

Nous avons déjà vu qu'à charge normale, chacun des trois circuits de l'induit des alternateurs était le siège d'un courant de 80 ampères. Avec quatre alternateurs en fonctions, l'intensité est de 320 ampères, de sorte que la section de chacun des trois conducteurs doit être de $320 \times 1{,}6 = 200$ mm², ou 100 mm² en double ligne.

Au point de vue de la self-induction il y a avantage à tenir les trois fils équidistants, c'est-à-dire formant les trois arêtes d'un prisme à section de triangle équilatéral. Mais cette condition est difficile à remplir en pratique. On disposera, comme à Rheinfelden par exemple, les deux fils inférieurs à 40 cm de distance et à 63 cm du fil supérieur.

Pour une ligne d'une pareille longueur il est indispensable d'employer des parafoudres pour la protéger contre les décharges atmosphériques et empêcher que ces décharges après avoir frappé un conducteur ne se propagent le long de la ligne et ne pénètrent dans l'usine génératrice ou n'atteignent quelque appareil.

Il est bon de munir les poteaux d'une pointe en bonne communication avec la terre et d'installer de distance en distance un parafoudre, deux au moins par kilomètre pour chaque ligne, ce qui fait un parafoudre tous les 250 m dans l'hypothèse d'une double ligne.

Les frais d'installation de la ligne s'établissent ainsi :

400 poteaux de 250 fr	100 000 fr
11 000 × 6 m de tresse de fil de cuivre nu de 1 cm² de section. Poids total 0,9 × 66 000 = 59 400 kg à 2,50	148 500 »
Main-d'œuvre, 150 fr par km, 66 km	9 900 »
Ligne pour les mesures d'isolement et main-d'œuvre	3 750 »
Ligne téléphonique, main-d'œuvre et appareils pour les communications.	3 750 »
Parafoudres.	6 250 »
Imprévu	15 350 »
Total	287 500 fr

D'où il résulte une dépense de 48 fr par cheval utile ou de 65,3 par kilowatt utile.

La ligne demande en outre un certain entretien; fixons le taux d'amortissement à 0,03 et l'intérêt à 0,05, et nous aurons annuellement :

Réparations et remplacements. .	5000 fr
Personnel de surveillance	2000 »
Intérêt 0,05 sur 287500 fr	14375 »
Amortissement	8625 »
Imprévu	2500 »
Total.	32500 fr

De sorte que le coût par kilowatt-an est $\frac{32\,500}{4\,400} = 7{,}4$ fr, et rapporté au kilowatt-heure en admettant comme précédemment une production de 22 000 000,

$$0{,}00148$$

En résumé les frais d'exploitation sont au total de

$$75 + 7{,}5 = 82{,}5$$

par kilowatt utile et

$$0{,}0156 + 0{,}00148 = 0{,}017$$

par kilowatt-heure.

Rendement de la transmission. — Il reste, avant de terminer, à rechercher quel est le rendement entre l'arbre des turbines et celui des moteurs, à Sebenico par exemple.

Occupons-nous d'abord de la perte en ligne à pleine charge; elle provient de la résistance et de l'inductance. La perte due à la résistance est RI^2 pour chaque conducteur,

$$R = 0{,}000175 + 11\,000 = 1{,}92 \text{ ohm}$$
$$RI^2 = 1{,}92 \times 160^2 = 49152 \text{ watts}$$

d'où la perte totale

$$49152 \times 6 = 294912 \text{ watts}$$

c'est-à-dire 6,6 p. 100 de la puissance développée par les alternateurs. Le rendement de la ligne est donc de 93,4.p. 100.

Calculons l'inductance $L = L_1 - L_2$:

$$L_1 = \left(\frac{1}{2} - Log\, a\right)$$

$$L_2 = -2\, l\, Log\, d$$

l longueur des conducteurs en centimètres $= 1\,100\,000$,

$$a \text{ rayon } \frac{1{,}3}{2} = 0{,}65$$

d distance en cm entre deux conducteurs de la ligne triphasée, ou si les distances sont inégales, leur moyenne $\frac{40+63}{2} = 51{,}5$.

$$L_1 = 11{,}055 \times 10^5$$
$$L_2 = -124{,}25 \times 10^5$$
$$L = 135{,}305 \times 10^5 \text{ UEM} = 0{,}01353 \text{ henry}$$

La réactance est

$$2\pi n L = 2 \times 3{,}14 \times 40 \times 0{,}01353 = 3{,}4$$

et la perte de tension correspondante

$$3{,}4 \times 160 = 544 \text{ volts.}$$

On peut calculer alors la différence de potentiel V que l'on aurait à l'arrivée entre le centre de l'étoile et un de ses conducteurs, en négligeant encore la self-induction ; RI est la chute en volts due à la résistance ohmique, ZI celle due à l'inductance, V_0 la différence de potentiel à l'origine.

$$V_0^2 = (RI + V)^2 + \overline{ZI}^2$$

où

$$V_0 = 4624$$
$$RI = 307$$
$$ZI = 544$$

donc

$$V = 4276$$

De sorte que la différence de potentiel entre deux conducteurs quelconques est

$$4276 \times \sqrt{3} = 7406 \text{ volts.}$$

Le rapport entre les différences de potentiel à l'arrivée et au départ est ainsi 0,926, la perte par résistance et réactance est de 7,4 p. 100 de la tension.

En pratique les appareils de travail ne

sont jamais privés de self-induction. Les transformateurs comme les moteurs asynchrones produisent un retard de phase considérable entre la force électromotrice et l'intensité; cependant les moteurs synchrones convenablement excités, établissent une avance de l'intensité sur la force électromotrice et compensent ainsi en partie les effets nuisibles de la self-induction.

On ne pourrait établir le facteur de puissance (cos φ) ne sachant pas comment l'énergie est divisée, et ne connaissant ni les moteurs ni les transformateurs choisis; mais on peut donner une idée de cette quantité en supposant l'emploi de grands moteurs asynchrones ou de transformateurs d'au moins 150 kw.

Avec les moteurs de 500 à 1000 chevaux de

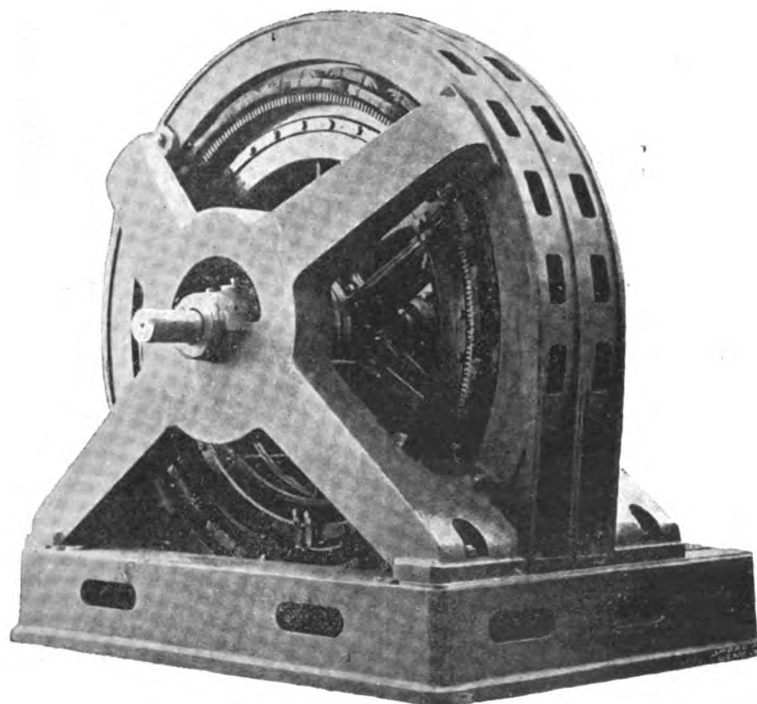


Fig. 21. — Moteur de 500 à 100 chevaux Brown-Boveri.

la maison Brown-Boveri (fig. 21), le rendement est de 93 à 94 p. 100 et cos φ varie de 0,85 à 0,90. La perte serait dans ce cas de 2 p. 100 dans le cuivre ; 2 p. 100 dans le fer ; 2 p. 100 par chocs et ventilation.

Pour les transformateurs de 100 kw (fig. 22), le rendement garanti est de 97 à 98 p. 100 et les pertes sont dans le cuivre 1,5 p. 100, par hystérésis, 1,5 p. 100, courant d'aimantation 2 p. 100.

Dans ces conditions le retard de phase introduit à pleine charge est presque négligeable. On a approximativement :

$$\cos \varphi = \frac{I_u + I_i}{\sqrt{(I_u + I_i)^2 + I_m^2}}$$

I_u intensité utile.

I_i courant d'hystérésis.

I_m courant d'aimantation.

Par conséquent, on peut admettre pour le facteur de puissance la valeur 0,8.

Calculons alors le rendement total à pleine charge.

V_1 différence de potentiel entre le centre de l'étoile et un des conducteurs au départ en volts efficaces.

V_2 différence à l'arrivée.

φ_1 retard de phase entre le courant et la force électromotrice au départ.

φ_2 retard à l'arrivée.

RI perte par résistance.

connue, trouver que le rapport des coefficients de variation de température est à peu près égal au rapport inverse des résistances. Nous venons de voir que pour les mercures liquide et solide ce rapport est 1/4; or, le rapport des résistances, à la température de fusion du mercure, est 4 et il devient 3,6 à 0°.

Considérons un alliage binaire, par exemple celui d'or et d'argent, à la température zéro : si l'on porte en abscisses les pourcentages d'or et en ordonnées la résistance spécifique de l'alliage, on obtient une courbe parabolique tournant sa convexité vers le haut; la résistance croît d'abord jusqu'à devenir cinq fois celle de l'argent, en présentant un maximum vers 49 p. 100 d'or, puis elle diminue jusqu'à ce qu'elle atteigne la résistance de l'or pur. Si le mercure liquide est constitué par le mélange de molécules monoatomiques et polyatomiques, on devrait obtenir une courbe analogue, à la condition d'effectuer le mélange en proportions variables. Ceci n'est pas possible d'une façon absolue, puisque à zéro, par exemple, le mercure a une conductibilité parfaitement déterminée, c'est-à-dire que le rapport du nombre des molécules monoatomiques, à celui des molécules plus complexes est parfaitement défini. L'introduction de vapeur de mercure ou de mercure solide dans le métal liquide ne mènerait naturellement pas au but. Mais on pourrait tenter l'expérience avec un autre métal, l'or, par exemple; dissous en petite quantité dans le mercure il a des propriétés physiques comparables à celles d'un gaz; il jouera le rôle du mercure monoatomique [1]. Dissous en proportions notables, il formera des molécules complexes et sera comparable au mercure polymérisé. Dans l'un des cas il devra augmenter la conductibilité du mercure et la diminuer dans l'autre. Or Siemens, au moment de la fixation de son unité de résistance, découvrit que l'addition de petites quantités de métaux augmentait la conductibilité du mercure. Matthiessen trouva ce fait tellement extraordinaire qu'il le nia tout d'abord ; ce n'est qu'à la suite des vives protestations de Siemens qu'il reprit ses expériences et les confirma. Le mercure est jusqu'à présent une exception unique : une trace de métal étranger (moins de 1 p. 100) augmente constamment sa conductibilité au lieu de la diminuer. Le bismuth lui-même, qui conduit moins bien que le mercure, diminue la résistance de ce métal, quand il est ajouté en petite quantité. Au contraire, l'addition de masses plus considérables de métaux diminue la conductibilité du mercure.

L'action des métaux sur le mercure étant ainsi unique, bien déterminée, on est en droit de conclure que le mercure *monoatomique* produirait le même effet si on pouvait l'ajouter au mercure ordinaire ; il devrait, pris en petite quantité, diminuer la résistance de ce métal. Le point figuratif de la résistance du mercure à zéro sur la courbe fictive de l'alliage mercure monoatomique — mercure polyatomique se trouve donc placé sur la branche descendante, ce qui implique que les molécules monoatomiques sont en majorité.

Pourrait-on arriver à modifier le rapport relatif des deux espèces de molécules? En partant du fait que le mercure se contracte pendant la solidification, il est permis de conclure que la contraction accroît le nombre de molécules complexes et qu'une augmentation de pression due à une cause quelconque produirait le même résultat. En particulier l'élévation de température augmentant le volume, c'est-à-dire diminuant la pression interne doit avoir pour conséquence l'accroissement du nombre des molécules monoatomiques, c'est-à-dire la diminution de la résistance électrique. On peut démontrer qu'aussi longtemps que cet effet reste petit le coefficient de variation de la résistance doit augmenter avec la température, résultat vérifié par un grand nombre d'observateurs.

Enfin, l'auteur propose d'étudier la résis-

[1] Il semble résulter, en effet, des expériences cryoscopiques de Tammann (*Zeitsch. f. physik. Chemie*, t. III, p. 443, 1889), que les métaux dissous dans le mercure, en petite quantité, y prennent la forme monoatomique (*Réd.*).

tance du mercure liquide sous des pressions variables ; la résistance devrait d'abord croître, puis passer par un maximum, pour diminuer ensuite sous des pressions énormes ; — à la condition toutefois que le mercure se maintienne à l'état liquide.

M. Liebenow termine en citant les expériences de Grummach [1] qui a mesuré la résistance du mercure entre + 20° et — 90°, en faisant varier la température avec une lenteur excessive. D'après cet auteur, le rapport entre la résistance du mercure liquide et du mercure solide, au lieu d'être 4 (expériences de Weber, de Cailletet et Bouty), ne serait que 1,5 et dans des tubes plus larges 2,5 ; ces expériences impliqueraient la possibilité de l'existence de molécules monoatomiques au sein du mercure solide.

En résumé, l'auteur conclut de ces considérations que le mercure liquide est un alliage de molécules monoatomiques et polyatomiques, alliage où les molécules monoatomiques sont en excès.

Le professeur Küster, de Breslau, exécute devant la Société :

Quelques expériences de cours

destinées à montrer la relation étroite qui existe entre les réactions analytiques et les phénomènes électrochimiques. Dans la pile de Daniell, en circuit fermé, le cuivre se précipite tandis que le zinc entre en dissolution. Si l'on ajoute un excès de cyanure de potassium à la solution du sel cuivrique, c'est l'inverse qui se produit : le cuivre se dissout et le zinc se précipite. Le phénomène est régi, comme on sait, par une formule de Nernst :

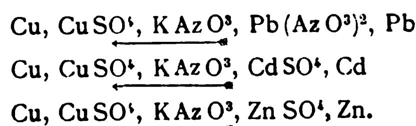
$$E = \frac{RT}{2}\left(ln\,\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}} - ln\,\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}\right)$$

où R désigne la constante des gaz, T la température absolue, p la pression osmotique de l'ion métallique et P sa tension de dissolution

[1] *Wied. Ann.*, t. XXXV, p. 764, 1888, et t. XXXVII, p. 508.

(laquelle ne dépend que de la nature du dissolvant et de la température). Les deux valeurs de p ne sont pas très différentes, par contre P_{Zn} est bien plus grand que P_{Cu} (environ 10^{38} fois). Par l'addition de cyanure de potassium, presque tout le cuivre se met sous la forme d'ions complexes $Cu(CAz)^2$; le nombre d'ions cuivre devient extrêmement petit ; le rapport $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ peut donc atteindre et dépasser le rapport $\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}}$; le signe de la parenthèse change et le courant se renverse.

L'auteur a cherché à vérifier qualitativement l'exactitude de la formule de Nernst en diminuant graduellement la concentration des ions cuivre au moyen de réactions appropriées. Il s'est servi de trois éléments de piles construites sur le type Daniell :



$Cu, CuSO^4, KAzO^3, Pb(AzO^3)^2, Pb$

$Cu, CuSO^4, KAzO^3, CdSO^4, Cd$

$Cu, CuSO^4, KAzO^3, ZnSO^4, Zn.$

Ces éléments avaient la forme d'un H ; les deux tubes verticaux de 3 cm de diamètre tenaient environ 65 cm^3 jusqu'au niveau du tube de communication. Celui-ci était bouché au moyen d'un tampon d'ouate bien imprégné de la solution de salpêtre. La liqueur de sulfate de cuivre était constituée par une solution à 2 p. 100 de sulfate double de cuivre et de potassium $CuSO^4, K^2SO^4, 6H^2O$; on en utilisait 1 cm^3. La solution de salpêtre est aussi à 2 p. 100. Les électrodes étaient pour le cuivre un simple fil, pour le cadmium et le zinc des amalgames saturés. La solution doit être agitée avant chaque lecture galvanoscopique.

Les flèches indiquent la direction du courant dans l'intérieur de la pile. On voit que, dans les conditions habituelles, il se précipite du cuivre dans les trois cas. Un galvanoscope indicateur donne des écarts de + 8, + 15 et + 25 divisions.

On ajoute maintenant au cuivre des trois éléments 1 cm^3 d'une solution de soude à environ 1,3 p. 100 ; le cuivre se précipite à

....

l'état d'hydroxyde $Cu(OH)^2$, un petit excès de soude reste en dissolution. Le nombre des ions cuivre a diminué, pourtant il en subsiste une quantité déterminée puisque l'hydroxyde possède naturellement une certaine solubilité. L'expression $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ a augmenté, mais pas encore assez pour dépasser $\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}}$; le passage du courant se fait toujours dans le même sens; les déviations ont toutes diminué : $+1, +8, +21$.

Ajoutons une nouvelle quantité de soude, 1 cm³ d'une solution *très concentrée* saturée à froid. D'après les lois de la dynamique chimique, le produit du nombre d'ions cuivre de la solution saturée et presque complètement ionisée d'hydroxyde de cuivre par le nombre total des ions OH doit être une quantité constante [1]. L'addition d'un grand nombre d'ions OH tendrait à augmenter le produit; le nombre des ions cuivre doit donc diminuer, il se précipite une nouvelle quantité d'hydroxyde; p_{Cu} a encore diminué et le rapport $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ est devenu plus grand.

Effectivement le courant s'est renversé dans la première cellule, la déviation est maintenant — 2 ; le cuivre se dissout, le plomb se précipite ; dans les deux autres piles, le courant est encore de même sens, mais affaibli : déviations + 6 et + 19. Le schéma est le suivant :







Additionnons la liqueur de sulfhydrate d'ammoniaque (obtenu en saturant de gaz sulfhydrique une solution d'ammoniaque à 5 p. 100). L'hydroxyde se transforme en sulfure noir CuS ; ce processus n'a lieu que parce qu'on a dépassé le produit de solubilité du sulfure cuivrique ; on peut en conclure que la concentration des ions cuivre (de CuS) a encore reculé ; p_{Cu} est devenu plus petit. Les déviations sont à présent $-26, -14, +2$.

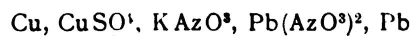






Non seulement le plomb, mais encore le cadmium sont précipités énergiquement par le cuivre, tandis que le Zn est encore capable de précipiter les traces de cuivre dissous provenant du sulfure.

On peut aller plus loin en ajoutant une solution de cyanure de potassium dans la liqueur qui renferme le cuivre ; le précipité noir se dissout et disparaît : il se forme en effet un cyanure double cuproso-potassique $KCu(CAz)^2$ qui se dissocie en ions K et $Cu(CAz)^2$; ce dernier ion complexe n'émet qu'une quantité extrêmement faible d'ions bivalents Cu ; le produit de solubilité du sulfure de cuivre n'étant plus atteint, ce corps se redissout ; en même temps le liquide devient extrêmement pauvre en ions Cu, si bien que maintenant le rapport $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ peut dépasser $\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}}$ et que le courant se renverse même pour la dernière pile :







Les déviations sont $-44, -30, -7$.

Ainsi, en diminuant à l'aide des procédés analytiques habituels la concentration des ions Cu qui se trouvent autour de l'électrode de cuivre, on peut forcer ce métal à précipiter successivement le plomb, le cadmium et même le zinc.

P.-Th. Muller.

(*A suivre.*)

[1] Ce produit Cu × OH, appelé par Ostwald *produit de dissolution*, est, d'après la loi des masses actives, proportionnel au nombre des molécules Cu $(OH)^2$ qui ne sont pas dissociées : or la solution est saturée, ce nombre est donc constant (*Réd.*).

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Nouveau modèle de pont de Wheatstone du Post-Office ([1]).

La maison Nalder Bros and C° vient d'apporter quelques perfectionnements de détail à la boîte de résistances à pont de Wheatstone en usage depuis près de vingt ans au Post-Office. Les dimensions des plots et des fiches ont été augmentées, ce qui assure un meilleur contact des uns et des autres et facilite le maniement des dernières. Le nombre des bobines de chacun des bras de proportion a été augmenté d'une unité, ce qui permet de faire des mesures dans des limites plus étendues. Enfin la disposition des bobines a été changée, et, comme on peut le voir par le diagramme de la figure 1, la nouvelle disposition permet par sa symétrie de trouver facilement la valeur de la résistance dans les diverses branches du pont, rien qu'au toucher, ce qui est avantageux lorsque, et c'est ordinairement ce qui a lieu, on se trouve dans une chambre obscure.

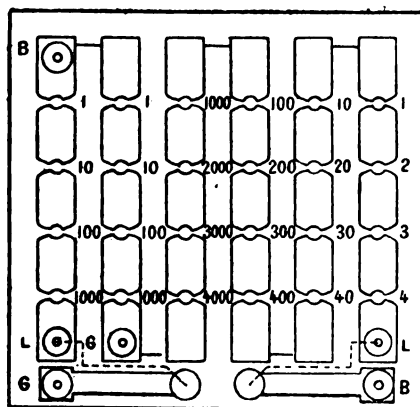


Fig. 1. — Diagramme des connexions de nouveau modèle de pont de Wheatstone du Post-Office.

Malgré l'augmentation du nombre des bobines et l'augmentation des dimensions des fiches et plots, la nouvelle disposition a permis de diminuer légèrement les dimensions des boîtes.

([1]) *The Electrician*, t. XLI, p. 596, 26 août 1898.

Appareils de contrôle Siemens et Halske.

L'*indicateur de tension* (fig. 1) sert pour le contrôle de la tension d'un réseau ; dès que la tension s'écarte de la valeur normale dans une proportion déterminée, l'une des deux sonneries F et G est mise en mouvement suivant le sens de l'écart.

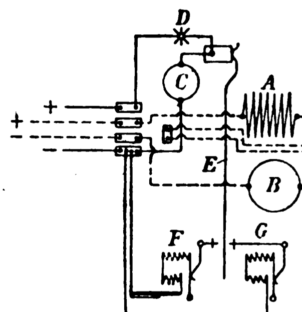


Fig. 1. — Indicateur de tension Siemens et Halske.

L'appareil est éclairé par une lampe à incandescence D et mis en action par le commutateur de cette lampe. Supposons qu'il s'agisse de contrôler la tension, non pas à l'endroit où se trouve l'appareil, mais en un point éloigné. Des fils partant de ce point viennent aboutir aux deux bornes médianes, le circuit est fermé par la bobine motrice A et la résistance B ; l'enroulement de A est en fil de cuivre, tandis que la résistance B placée au-dessous de l'appareil est formée de fil de nickeline dont la conductibilité est à peu près indépendante de la température ; comme la résistance de B est notablement plus forte que celle de A, il s'ensuit que la résistance totale est pratiquement constante malgré les variations de la température ambiante. L'intensité du courant qui parcourt A, et par suite la force d'attraction de la bobine A sur le noyau de fer placé à son intérieur et relié au bras E, ne dépendent donc que de la tension à contrôler.

Ce bras E est tenu par un ressort dont

l'élasticité agit en sens inverse de l'attraction de l'enroulement A.

L'appareil est réglé de façon que, pour la tension normale, le bras E se tienne entre les deux contacts F et G sans les toucher. Lorsque la tension a augmenté de 1,5 p. 100, par exemple, le bras vient frapper le contact de droite G; au contraire, pour une diminution du même ordre, c'est le contact de gauche F qui est touché.

Les deux bornes extrêmes de l'appareil sont reliées aux conducteurs principaux, et un premier circuit est formé par la lampe D et la résistance C; aux deux extrémités de cette résistance est prise une dérivation, qui par l'intermédiaire du bras E alimente les sonneries F et G.

Il suffit pour construire l'appareil de connaître la valeur de la tension normale qu'il doit contrôler. Lorsque la tension est supé-

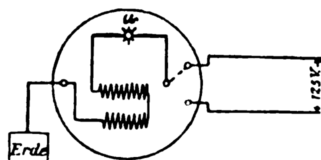


Fig. 2. — Indicateur de terre pour distribution à deux fils.

rieure à 110 volts, on emploie dans le circuit CD une ou plusieurs lampes ou bien des lampes à plus haute tension. Au delà de 250 volts, on introduit une résistance supplémentaire dans le circuit des bobines A et B.

L'*indicateur de terre* (fig. 2 et 3) sert à avertir lorsque l'isolement d'un réseau de conducteur est descendu au-dessous de la valeur convenable. L'appareil se compose d'une lampe à incandescence *a* et d'une sonnerie disposées en série et reliées d'un côté à la terre, de l'autre à un commutateur qui permet de mettre l'appareil sur l'un des fils du réseau. La figure 2 représente la disposition dans le cas d'une distribution par courant continu à deux fils, et la figure 3 dans le cas d'une distribution à trois fils.

Pour les légers défauts d'isolement correspondant à une résistance inférieure à 2 000 ohms, c'est la sonnerie qui avertit; pour les défauts plus graves (résistance inférieure à 1 000 ohms) la lampe s'allume en outre.

L'*indicateur de courant* est utilisé pour faire connaître l'existence du courant dans un conducteur, par exemple il indiquera au machiniste si le groupe des lampes à arc reliées à un fil fonctionne ou non.

Ces appareils sont construits pour des

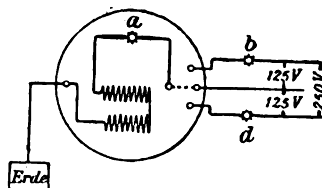


Fig. 3. — Indicateur de terre pour distribution à trois fils.

intensités allant jusqu'à 20 ampères; ils se composent d'un petit électro-aimant qui sous l'action du courant attire une ancre pivotante, à côté est un interrupteur et des plombs de sûreté.

L'*indicateur de sens du courant* sert à faire savoir si une batterie d'accumulateurs se charge ou se décharge. Il est vissé sur une tige horizontale ou verticale conduisant aux accumulateurs. L'appareil se compose d'une boîte et d'une aiguille aimantée. Sur l'axe de l'aiguille est un contrepoids qui lui fait prendre la direction de la tige lorsque celle-ci n'est parcourue par aucun courant; quand le courant passe, suivant le sens, l'aiguille est déviée d'un côté ou de l'autre.

Influence de la durée d'une élévation de température sur les propriétés magnétiques du fer;

Par S.-R. Raget [1].

La dissipation d'énergie dans les transformateurs va ordinairement en croissant avec le temps; des recherches récentes ont montré que cette augmentation est due seulement aux élévations de température qu'a subies le

[1] Communication faite le 12 mai 1898 à la Royal Society, publiée dans *The Electrician* du 3 juin, t. XLI, p. 182.

noyau. L'auteur se propose d'étudier l'influence de la durée d'une élévation de température et, bien que ses recherches ne soient point terminées, publie les intéressants résultats obtenus jusqu'ici.

L'appareil employé pour l'étude de l'hystérésis est celui d'Ewing (*Journ. Inst. Électr. Ing.*, t. XXIV, p. 403) : les températures étaient mesurées jusqu'à 200° au moyen d'un thermomètre à mercure, et au delà au moyen d'une résistance de platine Callendar-Griffiths ; le barreau était de temps en temps retiré du four, et son hystérésis mesurée.

Les noyaux employés étaient constitués par des faisceaux de sept tiges de fer doux d'environ 8 cm de long et 1,6 cm de diamètre chacune ; ce fer doux avait au début une hystérésis assez faible.

Dans la figure 1 on a porté en abscisses les durées en heures de l'élévation de tempéra-

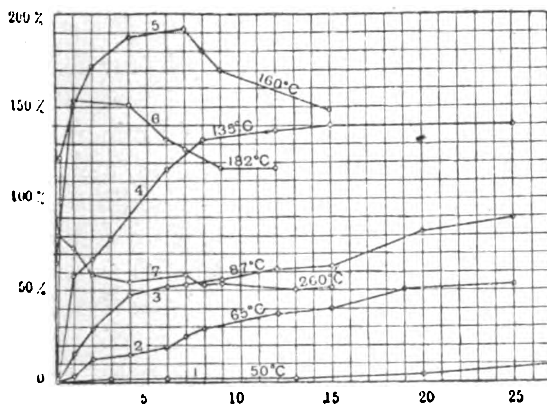


Fig. 1. — Courbes des variations de l'hystérésis avec la durée de la chauffe.

ture, et en ordonnées les augmentations relatives de l'hystérésis, en centièmes.

Les résultats obtenus sont très variables avec la température ; au-dessous de 40°, on ne constate aucune modification appréciable; entre 40° et 135°, l'hystérésis croît simplement avec la durée de l'élévation de température, dans les limites des expériences tout au moins.

Au-dessus de 135°, l'hystérésis croît d'abord avec la durée, atteint un maximum, puis décroît. La valeur du maximum dépend de la température et semble être le plus grande vers 180°. La position du maximum dépend aussi de la température ; ainsi, pour 260°, le

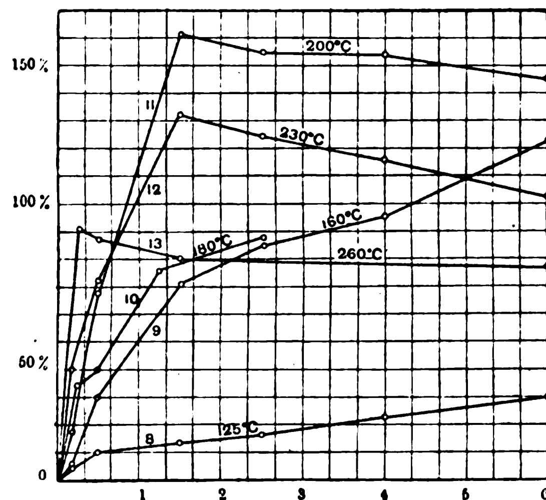


Fig. 2. — Mêmes courbes pour des températures différentes et des durées plus courtes.

maximum est atteint très rapidement, pour une durée d'un quart d'heure environ.

Dans la figure 2 on a augmenté l'échelle

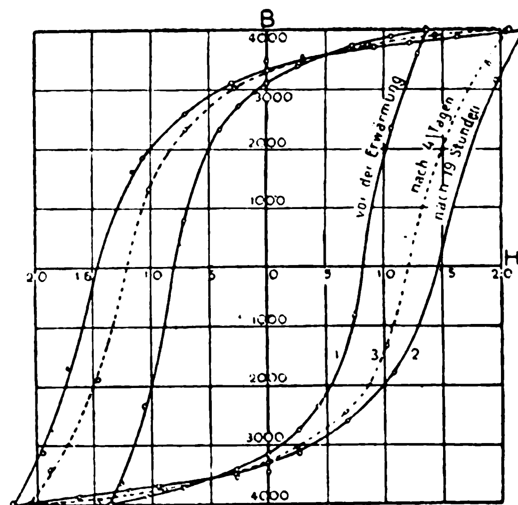


Fig. 3. — Courbes d'hystérésis d'un même échantillon. 1, après recuit au rouge; 2, après chauffage à 200° pendant 19 heures; 3, après chauffage à 200° pendant 4 jours.

des abscisses, de manière à obtenir plus nettement le début des courbes.

Dans la figure 3 on a réuni les courbes d'hystérésis déterminées par la méthode balis-

tique et correspondant à un même noyau, étudié d'abord après avoir été recuit au rouge (courbe 1), puis chauffé à 200° d'abord seulement pendant dix-neuf heures (courbe 2), ensuite pendant quatre jours (courbe 3).

Les auteurs ont vérifié que la présence de l'air n'a aucune influence sur les résultats, en recommençant les expériences sur des noyaux placés dans un réservoir où on faisait le vide.

Ch. Maurain.

Détermination électrolytique de l'étain contenu dans les minerais d'étain;

Par E.-D. Campbell et E.-C. Champion [1].

Dans les méthodes actuellement en usage pour la détermination de l'étain contenu dans les minerais, on commence par chauffer ceux-ci en présence de carbonate de sodium et de soufre de manière à obtenir du sulfostannate de sodium. On dose l'étain du sulfostannate soit en le précipitant à l'état de sulfure et transformant ensuite le sulfure en oxyde, soit en le déposant par voie électrolytique d'une solution dans le sulfure d'ammonium ou l'oxalate d'ammoniaque.

Le premier procédé, indiqué par Rose, présente plusieurs inconvénients : il est difficile d'obtenir le sulfure d'étain exempt de sels de sodium malgré des lavages prolongés ; la transformation du sulfure en oxyde stannique par combustion ne s'effectue pas sans perte de sulfure ; enfin il y a contamination de l'oxyde stannique par la silice.

Le dosage par électrolyse de la solution dans le sulfure d'ammonium ne paraît donner non plus de résultats absolument satisfaisants, car quoique l'étain puisse être ainsi complètement précipité, il est difficile d'obtenir une précipitation complète sans qu'il y ait en même temps précipitation d'une certaine quantité de soufre. Au contraire, le dosage par électrolyse de la solution d'oxalate double d'ammonium et d'étain ne présente pas de difficultés et donne des résultats très exacts quand il est effectué dans des conditions convenables.

Pour la transformation du sulfostannate de sodium en oxalate double d'ammonium et d'étain on suit généralement le procédé suivant indiqué par Classen. La solution de sulfostannate est d'abord acidifiée au moyen d'acide sulfurique puis additionnée d'eau oxygénée ; on obtient ainsi de l'acide métastannique que l'on filtre et lave et que l'on dissout ensuite dans de l'oxalate acide d'ammonium additionné d'acide oxalique. C'est particulièrement cette partie du procédé de dosage que les auteurs ont perfectionnée : ils évitent, pour passer de la solution de sulfostannate à la solution d'oxalate double, la précipitation de l'étain à l'état d'acide métastannique et par suite le filtrage et le lavage du précipité.

Voici le mode opératoire qui leur a donné les meilleurs résultats :

Mélanger intimement 1 gr du minerai finement pulvérisé avec 5 à 6 gr d'un mélange à poids égaux de carbonate de sodium et de soufre. Mettre le mélange dans un creuset de porcelaine fermé, placé lui-même dans un plus grand creuset de porcelaine fermé afin d'éviter l'oxydation du sulfure stannique pendant la chauffe. Disposer le creuset sur un triangle, le recouvrir d'un creuset de terre dont le fond a été enlevé, pour avoir une chauffe plus uniforme. Porter les creusets de porcelaine au rouge et maintenir cette température pendant une heure. Après refroidissement mettre le petit creuset dans une capsule et dissoudre le sulfostannate en chauffant avec 40 à 50 cm^3 d'eau. Quand la masse fondue est complètement désagrégée, enlever le creuset et séparer par filtration les oxydes et sulfures insolubles de la solution qui contient presque tout l'étain à l'état de sulfostannate. Laver le résidu insoluble avec de l'eau chaude, le sécher et le traiter de nouveau avec du carbonate de sodium et du soufre afin de faire

---

[1] Mémoire présenté à la American Chemical Society en août 1898 et publié dans *Industries and Iron* du 30 septembre 1898, t. XXV, p. 267.

passer à l'état de sulfostannate de sodium la petite quantité d'étain qu'il contient. Dissoudre ce sulfostannate comme il a été dit et ajouter sa solution à celle déjà obtenue. Additionner ces solutions d'acide chlorhydrique jusqu'à réaction acide pour précipiter l'étain à l'état de sulfure stannique. Faire bouillir rapidement pour chasser l'acide sulfhydrique et réduire le volume de la solution à 75 ou 80 cm^3. Ajouter 10 cm^3 d'acide chlorhydrique de densité 1, 2, puis, par petites quantités, du peroxyde de sodium (environ 2 à 3 gr) jusqu'à ce que le sulfure soit complètement oxydé et transformé en chlorure stannique et que la solution soit bien claire. Faire bouillir deux ou trois minutes pour rassembler le léger dépôt de soufre, filtrer, ajouter de l'ammoniaque jusqu'à formation d'un précipité et ajouter enfin 30 cm^3 d'une solution à 10 p. 100 d'oxalate d'ammonium. On a alors une solution d'où l'étain peut être facilement précipité par électrolyse,

Pour l'électrolyse un courant de 0,1 ampère sous 4 volts donne d'excellents résultats. Avec une différence de potentiel de 8 volts le dépôt est fortement cristallin et moins adhérent que lorsqu'on opère avec une plus faible différence de potentiel. Le dépôt est lavé à l'eau, puis à l'alcool, séché à l'étuve et pesé avec le disque de platine sur lequel il s'est formé. Après la pesée on dissout l'étain par l'acide chlorhydrique, on lave et sèche le disque comme précédemment et on en détermine le poids. La perte de poids donne le poids de l'étain.

J. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Absorption des ondes électriques de petite longueur par l'eau ;

Par P. Drude [1].

L'appareil employé pour déceler les ondes, le même que celui qui sera décrit dans le prochain numéro, à propos d'un autre mémoire de l'auteur, est enfermé dans une caisse munie d'une ouverture. En avant de l'ouverture, on dispose une cuve formée de lames de glace remplie d'eau distillée. On peut faire varier l'épaisseur d'eau, en introduisant dans la cuve des lames de glace de 1,1 mm, 2 mm, 3 mm et 4,4 mm. Des deux cuves employées, l'une avait 6,3 mm, l'autre 3,3 mm d'ouverture.

On vérifie en premier lieu que la déviation du galvanomètre dépend seulement de l'épaisseur de l'eau et non de l'épaisseur des glaces. La déviation est déjà notablement diminuée quand les ondes doivent traverser 3,3 mm d'eau. A la vérité, une partie de cette diminution est due à la réflexion notable qui se produit sur les deux surfaces de séparation. Mais l'absorption exerce aussi une action, car la déviation diminue de plus en plus quand l'épaisseur de l'eau augmente et quand cette épaisseur atteint 6,3 mm, le radio-conducteur n'est plus que très faiblement impressionné.

On pourrait dire encore, par analogie avec les anneaux de Newton, que l'intensité totale des ondes réfléchies dépend de l'épaisseur de l'eau tant que celle-ci est du même ordre de grandeur que la longueur des ondes dans l'eau. S'il en était ainsi et qu'il n'existât pas d'absorption, la déviation varierait périodiquement avec l'épaisseur ou, si les ondes étaient fortement hétérogènes, resterait constante à partir d'une certaine valeur de l'épaisseur, ce qui n'a pas été constaté. Il y a donc réellement absorption.

Pour mesurer cette absorption, il faut d'abord graduer le radioconducteur, soit en faisant varier la distance de l'excitateur à l'entrée de la caisse, soit en masquant l'ouverture avec des diaphragmes de grandeur

[1] *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 497-503, juin 1898.

variable. Dans certaines limites, la déviation est proportionnelle à l'énergie des ondes. Les mesures effectuées ne sont pas encore assez nombreuses pour permettre de donner des résultats quantitatifs. Tout au moins peut-on comparer qualitativement l'absorption dans des conditions variées.

Par exemple, l'absorption est moindre quand l'excitateur est muni d'un miroir parabolique. Ce phénomène bizarre s'explique sans doute par ce fait que la période des ondes émises par l'excitateur est modifiée par l'adjonction de nouvelles masses métalliques. Il est très vraisemblable que l'eau absorbe d'autant plus les oscillations qu'elles sont plus rapides. Effectivement si on intercale entre l'excitateur et la cuve absorbante un tube de laiton, l'absorption est d'autant plus forte que le tube est plus étroit, ce qui d'après les expériences rapportées dans le mémoire précédent, correspond à des ondes plus courtes. M. L.

Déviation magnétique des rayons cathodiques soumis aux actions électrostatiques;

Par W. KAUFMANN (1).

La déviation magnétique d'un rayon cathodique est donnée par la formule :

$$y_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{2\,m V_0}} \int^{x_0} dx \int_0^x \mathrm{H}\,dx \qquad (1)$$

dans laquelle y_0 représente la déviation, $\frac{\varepsilon}{m}$ la charge par unité de masse dans le rayon, V_0 la différence de potentiel entre les électrodes, H la composante du champ magnétique suivant Oz au point d'abscisse x, x_0 l'abscisse du point extrémité du rayon (2). En appelant I l'intensité du courant qui produit le champ magnétique, on aura :

$$y_0 = \frac{1}{\sqrt{V_0}} \cdot \text{const.} \qquad (2)$$

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 431-439, mai 1898.

(2) Cf. KAUFMANN, *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 122.

Ces équations supposent que le potentiel est en tous les points qui ne sont pas très voisins de la cathode, égal à celui de l'anode. Si ce potentiel Φ varie le long de Ox, l'équation (1) devient :

$$y_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{2\,m}} \int_0^{x_0} dx \int_0^x \frac{\mathrm{H}}{\sqrt{\Phi - \Phi_0}}\,dx. \qquad (3)$$

Φ_0 étant le potentiel de la cathode. Si le potentiel Φ a une valeur constante Φ' dans un certain intervalle et qu'on limite l'action du champ magnétique à cet intervalle, on obtient en posant $\Phi - \Phi' = V'$

$$y_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{2\,m V'}} \int_0^{x_0} dx \int_0^x \mathrm{H}\,dx \qquad (4)$$

ou

$$y_0 = \frac{1}{\sqrt{V'}} \cdot \text{const.} \qquad (5)$$

Dans ce cas c'est donc la chute de potentiel dans la région où agit le champ magnétique, et non plus la différence de potentiel entre l'anode et la cathode qui intervient.

Pour vérifier cette conséquence, M. Kaufmann dispose l'expérience comme le représente la figure ci-dessous ; l'appareil est en gros

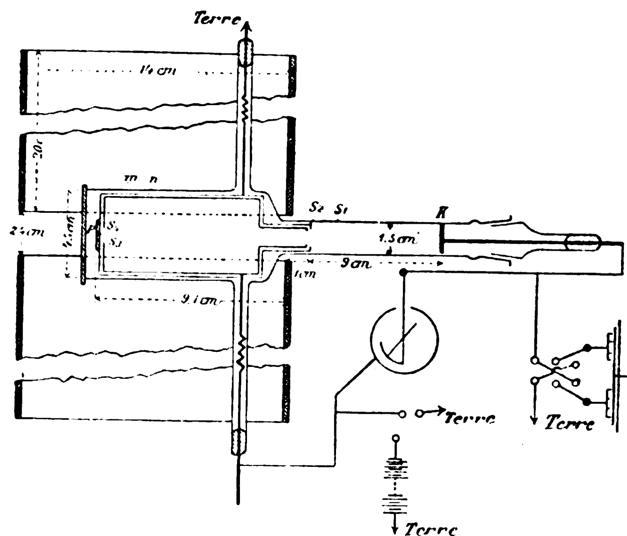


Fig. 1.

semblable à celui qui lui a servi dans ses précédentes recherches (*loc. cit.*). Il s'y trouve en plus dans l'intérieur du tube à décharges deux cylindres coaxiaux, *m*, *n*, séparés par

un intervalle de 2 à 3 mm; le cylindre extérieur relié constamment au sol sert d'anode. Les rayons émanés de la cathode K traversent successivement les fentes horizontales S_1 (0,3 mm) et S_2 (1 mm), pénètrent dans le cylindre intérieur, et par les fentes S_3 et S_4 perpendiculaires aux deux premières et larges de 2 mm, atteignent l'écran P frotté de craie.

Même sous une différence de potentiel de 3 200 volts, aucune décharge ne se produit entre les deux cylindres, parce que leur distance est inférieure aux dimensions de la région cathodique obscure; cependant quand les rayons cathodiques pénètrent dans le cylindre, il se produit une décharge par suite de la conductibilité communiquée à l'air par ces rayons; mais cette décharge n'entraîne cependant aucune perte de potentiel, à cause de la faible résistance de la batterie de charge.

En somme, cette disposition permet de réaliser en chargeant le cylindre intérieur un potentiel constant dans son intérieur, potentiel qui peut différer notablement de celui du cylindre extérieur qui joue le rôle d'anode. D'autre part la région dans laquelle le potentiel est variable, comprise entre S_1 et S_2, se réduit à 2 mm environ; il est donc permis de n'en pas tenir compte et d'admettre dans le calcul que le potentiel varie brusquement en S_1. Enfin les bobines magnétisantes sont arrangées de manière que la plus grande partie de la déviation se produise à l'intérieur du cylindre.

Les conditions exigées pour l'exactitude des formules (4) et (5) sont ainsi très approximativement réalisées.

Les mesures sont effectuées avec le cylindre intérieur : 1° relié au sol; 2° chargé à + 3 250 volts; 3° chargé à — 3 250 volts.

Comme le demande la théorie $\frac{y_0\sqrt{V'}}{I}$ est constant dans les trois cas; pour des valeurs déterminées de V' et de I, on constate une diminution ou une augmentation de la déviation suivant que le cylindre reçoit une charge positive ou une charge négative.

Les écarts sont faibles : — 1,2 à + 1,7 p. 100; cependant ils décèlent une erreur systématique. Cette erreur provient de l'épanouissement des lignes de force magnétique, qui provoque une déviation des rayons cathodiques en avant de la fente S_1. Si on détermine l'intensité du champ magnétique dans cette région et qu'on calcule d'après les résultats de cette déviation perturbatrice, les valeurs $\frac{y_0\sqrt{V}}{I}$ ne présentent plus que des écarts dont l'ordre de grandeur est celui des erreurs accidentelles. A la suite de cette correction, la valeur de $\frac{\varepsilon}{m}$ devient $1,86\ 10^7$ unités électrostatiques par gramme au lieu de $1,77\ 10^7$, comme il était dit précédemment [1].

En prenant une différence de potentiel V_0 relativement faible entre les électrodes ($V_0 < 5\,000$ volts), et chargeant négativement le cylindre ($V' < 1\,750$ volts), on donne aux rayons cathodiques qui se propagent dans le cylindre une vitesse qui correspond à un potentiel de décharge, sous lequel, d'ordinaire, on n'observerait aucun rayon cathodique.

Ces rayons fortement retardés se diffusent dans l'espace raréfié comme les rayons cathodiques ordinaires dans l'air atmosphérique. Pour les observer, on supprime l'écran P et on frotte de craie la plaque même qui ferme le cylindre. Quand le cylindre n'est pas chargé la tache fluorescente est nettement délimitée; si le cylindre est chargé, la plaque s'illumine sur toute sa surface.

M. L.

Rayons cathodiques dans un champ électrique dont les lignes de force sont parallèles à leur direction de propagation;

Par P. LENARD [2].

D'après les hypothèses de Crookes, la réfrangibilité magnétique d'un rayon cathodique qui a traversé un champ électrique

---

(1) *Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 88.

(2) *Wied. Ann.*, t. LXV, 404-5, 10 juin 1898.

parallèlement aux lignes de force, doit avoir augmenté ou diminué, suivant que le rayon se propage dans le sens du champ ou en sens contraire.

La réfrangibilité électrique subit une variation dans le même sens.

L'expérience justifie complètement cette conséquence des hypothèses.

Les rayons sont émis par la cathode E ; ils passent par la fenêtre F, à bords épais, puis à travers le condensateur C_1 C_2 ; ils traversent en M le champ magnétique ou électrique qui doit les réfracter et tombent finalement sur l'écran S_1. Les deux armatures C_1 et C_2 du condensateur sont constituées par des disques circulaires en cuivre, bien dressés et parallèles entre eux ; ils portent en leur centre une ouverture A ayant un diamètre de 1 mm.

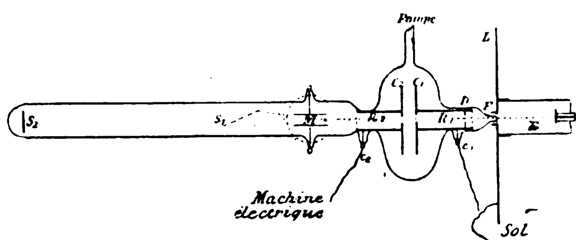


Fig. 1.

Ces disques sont supportés par deux tubes métalliques R_1 et R_2, qui communiquent respectivement avec les électrodes e_1 e_2 ; ils sont distants entre eux de 2 cm ; le disque C_1 est en communication constante avec le sol, le disque C_2 peut être électrisé positivement ou négativement par une machine à influence. Toute la partie gauche du tube à partir de e_2 est recouverte de clinquant relié à e_2, et cette gaine présente seulement en face le fond du tube une étroite ouverture qui permet d'observer l'écran.

Les deux bobines magnétisantes M (représentées en pointillé) sont disposées verticalement au-dessus et au-dessous du tube et isolées de l'armature de clinquant par des lames de mica. S'il s'agit d'observer la réfraction électrique, on se sert des deux plaques rectangulaires, figurées en M ; leur longueur dans la direction des rayons est de 4 cm, leur distance de 2 cm ; tant qu'elles ne servent pas, elles sont en communication métallique avec l'armature de clinquant. Enfin l'écran L sert à séparer le tube à décharges du tube d'observation ; en D, dans le tube R_1 se trouve un diaphragme de 3 mm d'ouverture.

Lorsque l'appareil a été bien évacué, l'espace qui entoure le condensateur reste obscur, même quand la charge est forte.

Tout d'abord on constate que la position de la tache fluorescente ne varie pas quand on charge le condensateur, si le courant ne passe pas dans la bobine magnétisante.

Pour étudier la variation de la réfrangibilité magnétique, on laisse d'abord le condensateur non chargé et en réglant l'intensité du courant dans les bobines, on amène la tache fluorescente à être déviée jusque vers le bord de l'écran et on lit la position de cette tache sur une division tracée sur l'écran. Puis sans rien charger d'autre, on charge le condensateur ; la tache se déplace sur l'écran, dans le sens d'une déviation croissante si le condensateur est chargé positivement, d'une déviation décroissante s'il est chargé négativement.

Si on veut effectuer des mesures, on détermine l'intensité I_0 du courant magnétisant, de manière que la tache fluorescente occupe une certaine position sur l'écran, quand le condensateur n'est pas chargé et l'intensité I_1 telle que la tache reprenne la même position quand le condensateur est chargé à une différence de potentiel V_1. Pour mesurer V_2, on met en dérivation sur le condensateur un micromètre à étincelles et on lit la position de la tache sur l'écran, au moment où éclate l'étincelle.

Les vitesses de propagation des rayons cathodiques v_0 avant le passage à travers le condensateur, v_1 après ce passage, sont calculées d'après les équations :

$$\frac{v_0}{v_1} = \frac{I_0}{I_1} \text{ et } v^2_1 - v^2_0 = 2 \frac{\varepsilon}{\mu} V$$

où $\frac{\varepsilon}{\mu}$ représente la charge par unité de masse

des particules transportées par le rayonnement.

La vitesse v_0 décroît quand le potentiel de décharge dans le tube diminue. Les valeurs trouvées pour ces vitesses sont d'accord avec celles qu'ont données les expériences précédentes ; la concordance entre les valeurs trouvées pour le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ justifie également les hypothèses qui ont servi de point de départ au calcul.

Les rayons qui après avoir traversé le condensateur possèdent la vitesse v_1 la plus petite proviennent des rayons qui primitivement les plus lents, ont été retardés par leur passage à travers le condensateur ; la vitesse minima qu'on a pu observer est égale au dixième environ de la vitesse de la lumière.

Les rayons les plus rapides proviennent des rayons les plus rapides primitivement et accélérés par leur passage à travers le condensateur ; leur vitesse peut atteindre presque le tiers de la vitesse des ondes lumineuses.

Ces deux espèces de rayons se distinguent nettement par leur action sur la pentadécylparatolylcétone dont l'écran est imprégné. Tandis que les rayons rapides provoquent une vive fluorescence, les rayons lents donnent une fluorescence à peine visible.

Dans aucun cas, on n'a constaté que le faisceau cathodique s'écartât de la propagation rigoureusement rectiligne dans le tube d'observation ; les rayons même les plus rapides n'étaient pas non plus très absorbables, car une fraction appréciable du faisceau traversait une lame de mica épaisse de 0,2 mm.

Pour étudier la variation de la réfrangibilité électrique, on enlève la bobine magnétisante M, on isole l'une des plaques de métal qui se trouvent dans le tube et on relie l'autre à l'armature intérieure d'une bouteille de Leyde, disposée comme le montre la figure 2. La plaque isolée prend périodiquement un potentiel inférieur à celui de l'autre plaque ; la différence se règle au moyen du micromètre à étincelles s. Au moment où l'étincelle éclate, la différence de potentiel tombe à O, puis remonte lentement par suite de la faible conductibilité de la corde de chanvre. On constate dans ces conditions un va et vient de la tache fluorescente sur l'écran, entre la position qui correspond à une déviation nulle et une position extrême ; la longueur du chemin ainsi parcouru par la tache mesure la

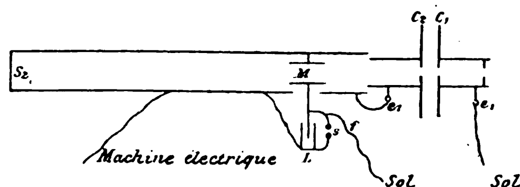


Fig. 2. — C_1, C_2, armatures du condensateur ; e_1 e_1 électrodes communiquant avec ses armatures ; M, lames de métal ; L, bouteille de Leyde ; s, intervalle explosif ; f, corde de chanvre. (Les parties métalliques de l'appareil sont seules représentées.)

déviation électrique des rayons qui ont traversé le condensateur C. Pour observer la déviation des rayons non modifiés, on relie au sol tout le système C_2, on supprime la corde de chanvre et on charge seulement la plaque isolée M et la bouteille de Leyde, au moyen des étincelles s. La déviation est plus grande pour les rayons qui ont traversé le condensateur chargé positivement, plus petite s'il était chargé négativement. M. L.

Région cathodique obscure ;

Par A. Wehnelt [1].

De toutes les recherches effectuées sur les phénomènes cathodiques, il ressort que la région cathodique obscure oppose une très grande résistance au passage de la décharge positive. Mais on ne savait pas encore si cette résistance doit être considérée comme l'analogue de la résistance d'un conducteur métallique médiocre ou de la résistance d'un diélectrique, dans lequel la décharge se produit sous forme d'étincelles fortement amorties. Cette dernière hypothèse semble la plus pro-

---

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 511-542 (juin 1898).

bable, d'après les expériences de E. Wiedemann et Schmidt ; ces physiciens ont reconnu en effet que les gaz luminescents réagissent aisément aux oscillations de Lecher, tandis que la région obscure ne réagit que fort peu. On peut donc s'attendre à ce que la décharge, si on la force à traverser la région obscure, prenne les caractères de la décharge disruptive comme dans les diélectriques tels que l'huile de paraffine, etc.

Pour déceler les décharges de cette nature, M. Wehnelt utilise la propriété que possèdent les décharges fortement amorties d'agir sur un radio-conducteur ou de provoquer dans un système de Lecher des oscillations faiblement amorties.

1. *Description des appareils.* — Toutes les électrodes sont en aluminium ; pour pouvoir faire varier la position de la cathode quand il est nécessaire, les tubes se prolongent à leur partie inférieure par un tube de baromètre, plongeant dans le mercure, et la cathode est fixée à l'extrémité d'un tube recourbé qui traverse le mercure (fig. 1). Le tube *p* fait communiquer l'ampoule avec la pompe à mercure par le tube *g*, on peut introduire une électrode ; la distance de cette électrode à la cathode K ainsi que les dimensions de la région obscure se lisent sur une échelle en papier fixée à la paroi extérieure du tube. Comme source de courant on se sert en général d'une machine à influence à 20 plateaux, ou d'une bobine d'induction avec interrupteur Deprez, donnant 30 cm d'étincelle.

L'indicateur de décharges est un radioconducteur modèle Marconi, inséré avec un galvanomètre dans le circuit d'une pile thermoélectrique ; dans un cas particulier, c'est un récepteur formé d'une aiguille d'acier posée sur deux autres. Pour éviter les perturbations tous les contacts sont assurés par des godets de mercure ou par des bornes fortement serrées.

Entre la machine et les électrodes du tube sont intercalés des tubes pleins d'eau pour empêcher les oscillations que produisent les étincelles aux peignes d'arriver jusqu'au tube ; tout au moins ces oscillations sont-elles par ce moyen assez amorties pour que leur action sur le radioconducteur soit fort réduite et ne masque plus l'effet provenant des décharges dans le tube.

Dans une autre série d'expériences, le tube

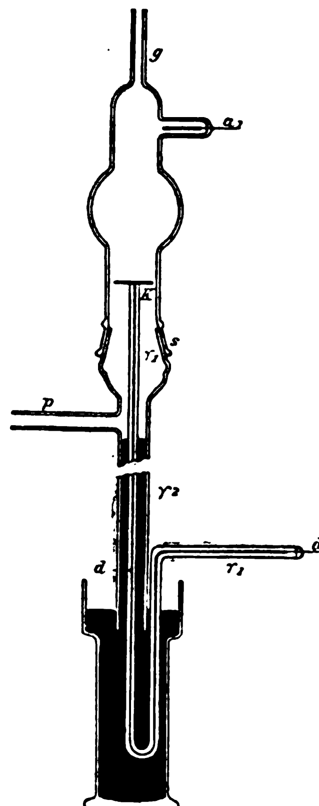


Fig. 1.

est mis à la place de l'étincelle primaire dans un système de Lecher, muni d'un condensateur terminal ; un tube évacué, sans électrode placé sur les armatures de ce condensateur, réagit aux ondes provoquées par la résonance.

La différence de potentiel entre les électrodes du tube à décharges se mesure ou bien au moyen d'un électromètre de Righi, ou bien au moyen d'un micromètre à étincelles dont les boules ont 2 cm de diamètre.

2. *Résultats.* — 1° *Région cathodique obscure au voisinage des cathodes métalliques.*

Le résultat général des expériences est le suivant. Aussitôt que le chemin de la décharge positive, de l'anode à la lueur négative, est interrompu par la région cathodique obscure, la décharge prend la forme disruptive et fortement amortie ; la région obscure se comporte comme un diélectrique parfait.

Le tube, dont le diamètre est d'environ 10 mm, porte deux électrodes circulaires remplissant presque toute la section et qui sont distantes de 2 cm environ (fig. 2). Tant que le vide n'est pas très avancé, un radioconducteur placé dans le voisinage du tube ne réagit pas ; il n'y a donc pas d'ondes faiblement amorties. Mais quand le vide est suffisant pour que la région cathodique obscure entoure complètement l'anode, la décharge change de caractère et il se produit des ondes intenses qui agissent encore d'une manière appréciable sur le radioconducteur à une distance de 5 m.

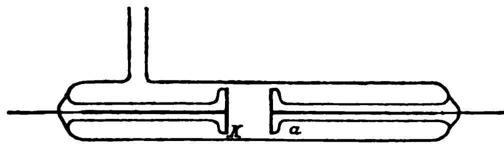


Fig. 2.

Les expériences de Ebert et Wiedemann (¹), puis de R. Apt (²), ont montré que la luminescence d'un tube sans électrodes, placé sur les armatures du condensateur terminal d'un système de Lecher, ne se produit que si les étincelles primaires sont fortement amorties. La décharge traversant un tube où la pression est relativement élevée (1 mm), comme dans les expériences de ces physiciens, ne peut en effet provoquer la luminescence. Mais la luminescence se produit quand la pression dans le tube est assez basse pour que la région obscure entoure l'anode.

Toujours, quand la décharge positive traverse la région obscure pour rejoindre la lueur négative, il se produit des décharges disruptives fortement amorties.

(¹) *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 346.

(²) *Ibid.*, p. 87.

Soit en effet un tube (fig. 3) dans lequel l'anode est un fil d'aluminium entouré de verre jusqu'à son extrémité ; cette extrémité est à 0,2 mm environ de la surface du disque qui forme la cathode. Lorsque la pression dans ce tube est descendue à 0,1 mm et que la décharge s'effectue sous une différence de potentiel de 5 000 volts, on observe déjà une résonance très nette dans le système de Lecher. Avec une anode dont l'extrémité est découverte sur une longueur de 5 mm, la décharge ne devient disruptive que sous une différence de potentiel de 15 000 volts, alors que la pression est descendue jusqu'à 0,03 mm.

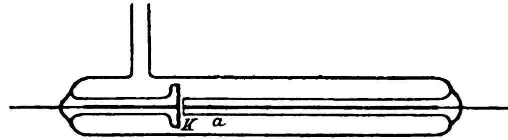


Fig. 3.

L'expérience peut être mise sous une autre forme (fig. 4) ; la décharge positive est conduite dans la région obscure par un tube de verre, dont l'extrémité est à 0,2 mm de la cathode, et dans lequel pénètre une anode très courte.

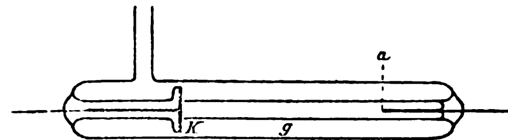


Fig. 4.

La décharge devient disruptive quand la pression a été amenée à 0,2 mm et la différence de potentiel est environ 13 000 volts : si le tube est effilé en pointe, la décharge disruptive se produit déjà à la pression de 0,3 mm sous une différence de potentiel de 6 500 volts. Le phénomène est bien dû à la région obscure qui pour ainsi dire ferme à la décharge l'extrémité du tube ; en effet, la décharge étant venue à percer la paroi du petit

transformateur rotatif de Westinghouse d'une puissance de 50 chevaux, installé à l'usine ; il a quatre pôles et tourne à raison de 1 800 tours par minute ; il est alimenté par deux transformateurs à l'huile qui ramènent la tension à 400 volts ; il fournit du courant continu à 500 volts, la distribution de force motrice se faisant à trois fils, pour moteurs de 250 ou 500 volts ; le fil neutre est relié au milieu du secondaire de chacun des deux transformateurs à l'huile. Pour mettre en marche le moteur à induction biphasé qui entraîne le transformateur rotatif, on commence par amener ce moteur au synchronisme en démarrant avec un voltage très réduit qu'on augmente ensuite en changeant successive-

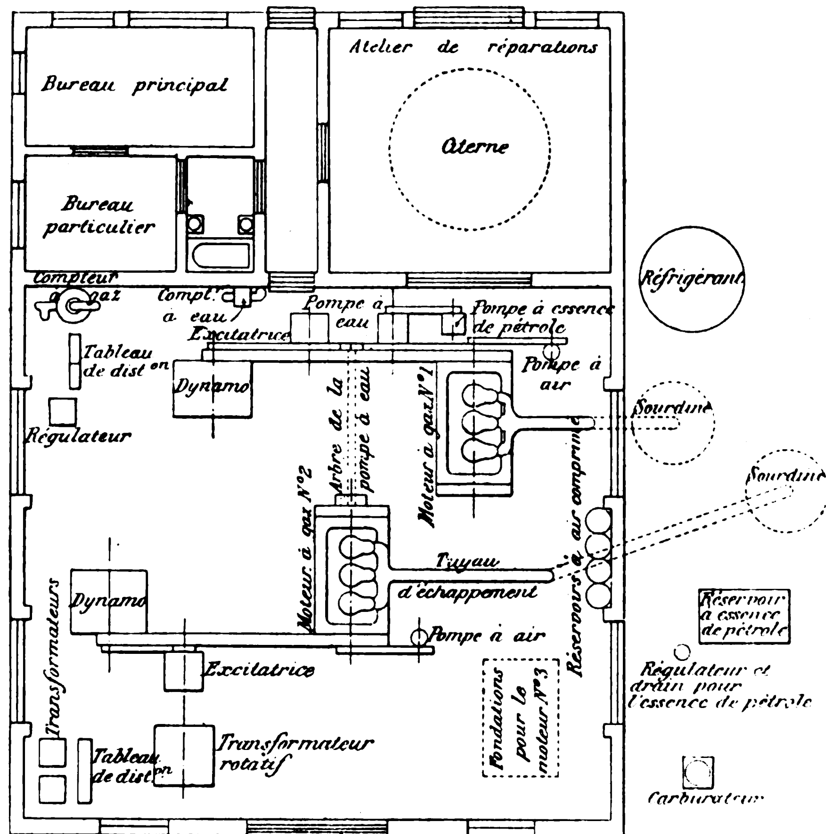


Fig. 1. — Plan de l'usine de Lafayette (Indiana).

ment les connexions au tableau au moyen de deux commutateurs à quatre pôles ; le secondaire du transformateur est, dans ce but, convenablement divisé en sections et relié au tableau. La mise en train dure de une minute et demie à deux minutes et demie.

Les moteurs à gaz, qui forment la partie la plus intéressante de l'installation, sont construits par la Westinghouse Machine C° ; ils sont garantis pour fournir le cheval-heure effectif avec une dépense de 375 à 400 litres de gaz naturel dont le pouvoir calorifique est très élevé.

Leurs caractéristiques principales sont les suivantes :

Puissance.	125 chev. au frein
Nombre de cylindres . . .	3 »
Diamètre des cylindres . .	330,2 mm
Course des pistons	355.6 »
Angle de calage des manivelles.	120°
Nombre de tours par minute	265

En temps normal, ils sont alimentés par le gaz naturel, très abondant dans ces contrées; mais comme le débit du gaz naturel est supprimé pendant les temps très froids, une seconde tuyauterie a été disposée pour pouvoir les alimenter au gaz de ville. Dans ces derniers temps on a aussi installé, à l'extérieur de l'usine, un réservoir à essence de pétrole et un carburateur, afin de pouvoir, au besoin, faire fonctionner ces moteurs au pétrole. Dans ce dernier cas, on place sur le fond de chaque cylindre un chapeau spécial

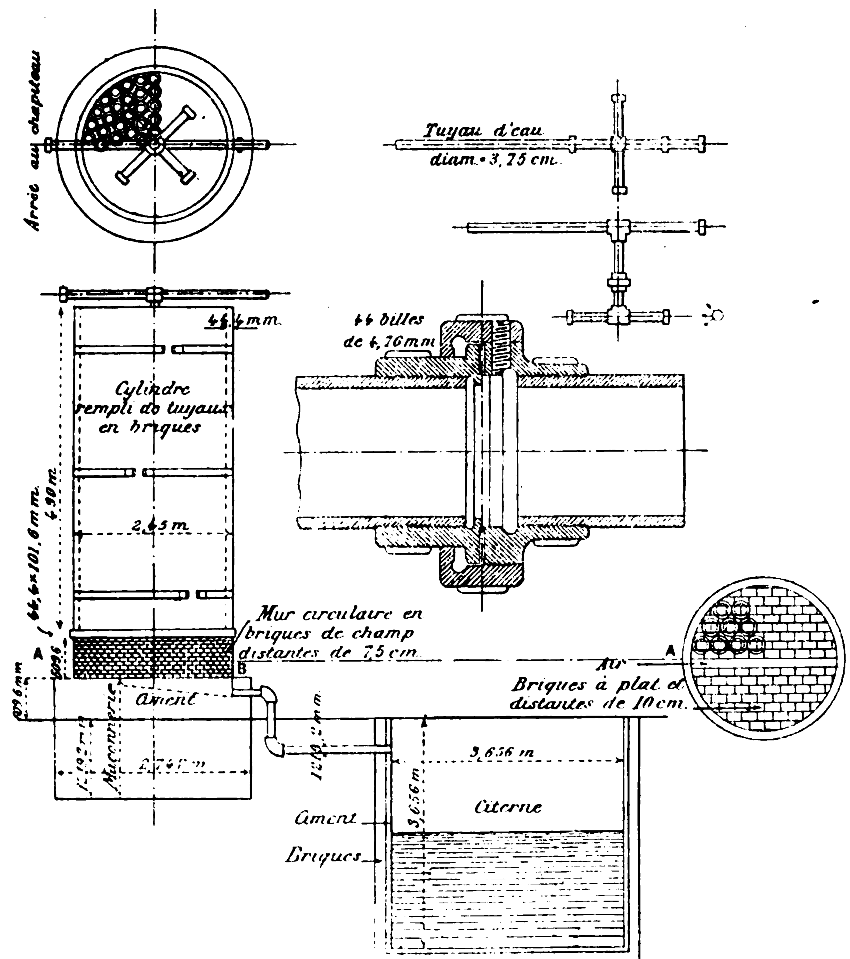


Fig. 2. — Détails du réfrigérant.

qui augmente l'espace mort et, ainsi, diminue la compression; sans cela, l'élévation de température engendrée par la compression serait suffisante pour provoquer des explosions prématurées.

Le refroidissement est effectué par une circulation d'eau dans l'enveloppe des cylindres; une citerne cylindrique de 3,66 m de diamètre et 3,656 m de hauteur (38,255 m³ de capacité) est disposée dans ce but sous le plancher de l'atelier de réparations, comme l'indiquent les figures 1 et 2; il faut de 15 à 20 litres d'eau par cheval et par heure pour le refroidissement; à sa sortie des cylindres, cette eau a atteint la température de 80 ou 85° C. Afin de pouvoir utiliser toujours la même eau, ce qui procure le double avantage de diminuer la dépense et de réduire au minimum les incrustations, on a disposé un réfrigérant. Celui-ci est formé par un cylindre

ou une tour en métal, haute de 4,85 m, et dont le diamètre a 2,45 m, remplie de tuyaux en poterie de 12,5 cm de diamètre, 1,9 cm d'épaisseur et superposés par bouts de 30 cm de hauteur; l'eau qui a été échauffée dans les moteurs ruisselle le long de ces tuyaux et y est refroidie par les courants d'air; elle retourne ensuite à la citerne, comme on peut s'en rendre compte sur le dessin (fig. 2).

L'eau de refroidissement est mise en circulation par une pompe qui est actionnée par l'un quelconque des moteurs au moyen d'un arbre placé sous le plancher.

Le démarrage des moteurs à gaz est effectué par un dispositif particulier. Comme on peut le voir sur la figure 1, chaque moteur entraîne, outre l'excitatrice de l'alternateur, une petite pompe à air qui sert à remplir un réservoir de 200 litres de capacité d'air comprimé, à la pression de 11,25 kg : cm². Lors de la première mise en marche, les pompes sont manœuvrées à la main ; la pression est ensuite maintenue dans les réservoirs par quelques coups de pompe donnés chaque jour. Une tuyauterie spéciale relie le réservoir à un des cylindres du moteur; une soupape est disposée dans ce tuyau ; en temps ordinaire, elle est fermée, mais, au moment du démarrage, en manœuvrant les cames qui commandent les soupapes d'admission et d'échappement, on supprime l'arrivée du gaz dans ce cylindre, tout en la maintenant dans les deux autres, et on y admet l'air comprimé ; il fonctionne dès lors comme un moteur à air comprimé ; au bout de trois ou quatre tours, les deux autres cylindres sont amorcés ; on supprime l'air comprimé et on rétablit le gaz dans le premier cylindre. La mise en marche s'effectue ainsi très simplement.

La régulation de la vitesse angulaire ne se fait pas comme d'ordinaire en supprimant l'admission pendant une ou plusieurs périodes, mais bien en admettant à chaque période une quantité plus ou moins grande du mélange explosif dont la composition est constante. Comme le moteur est à quatre temps, si l'on avait adopté le premier mode de régulation, la vitesse angulaire aurait subi des variations trop importantes dont la fixité de l'éclairage se serait ressentie. La régulation adoptée a donné d'excellents résultats.

Le gaz naturel coûte environ 1,24 centime le mètre cube; le cheval-heure revient, dans ces conditions, à un prix très bas. Le gaz a d'ailleurs un pouvoir calorifique très élevé : 9 350 cal. par m³ ; il doit être dilué dans 12 à 14 volumes d'air pour donner un mélange explosif convenable. Il est donc supérieur à tous les points de vue au gaz de ville ou aux gaz pauvres. G. P.

Disjoncteur automatique pour alternateurs ;

Par Léonard ANDREWS.

Lorsque plusieurs alternateurs sont couplés en parallèle sur les barres d'un même tableau, il est utile d'intercaler dans le circuit de chacun d'eux un appareil qui le met hors circuit s'il vient à fonctionner comme moteur. L'emploi d'un disjoncteur magnétique dans ce but semble difficile quand on réfléchit que le courant change de sens plusieurs milliers de fois par minute. L'appareil décrit par M. Léonard Andrews dans *The Electrical Engineer*, de Londres, et dans *American Electrician* résout très bien le problème.

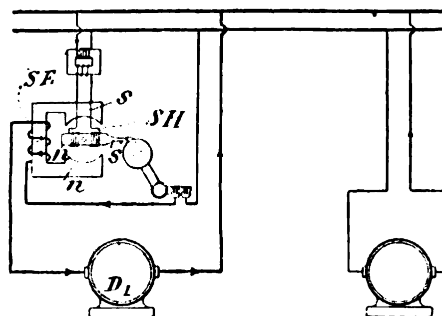


Fig. 1. — Schéma des communications du disjoncteur Léonard Andrews.

Il est représenté schématiquement dans la figure 1.

D_1 est l'alternateur dans le circuit duquel il est intercalé. Il consiste en un petit moteur shunt dont l'inducteur est garni d'un faible nombre de tours d'un conducteur à grosse section parcouru par le courant total. L'induit mobile SH est enroulé en fil fin, relié

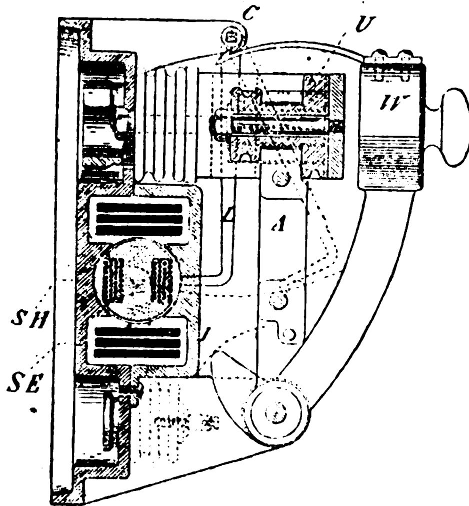


Fig. 2. — Coupe du disjoncteur Andrews.

par un petit transformateur aux rails du tableau. Dans les conditions normales, l'armature tend à tourner dans le sens des aiguilles d'une montre ; un doigt dont elle est munie vient s'engager, dans ces conditions, dans le verrou du commutateur représenté à droite et l'empêche de fonctionner. Si le sens du courant dans l'alternateur D_1 est renversé, c'est-à-dire si cet alternateur tend à fonctionner comme moteur, l'armature SH tourne en sens inverse et dégage le commutateur qui ouvre le circuit de l'alternateur.

La figure 2 donne une coupe de l'appareil tel qu'il est employé à l'usine d'Hastings.

G. P.

Propositions pour une méthode unitaire de représentation des qualités magnétiques du fer ;

Par Hubert KATH [1].

A la suite de la communication publiée dans le précédent numéro (p. 37) l'auteur fait observer que pour pouvoir facilement comparer les courbes de différents fers, il serait très avantageux d'avoir un système de représentation universellement accepté. Un tel système devrait être à la fois simple et général, caractérisant par une ou deux courbes les qualités magnétiques importantes.

L'auteur propose le système suivant :

1° Les propriétés magnétiques de chaque sorte de fer sont représentées suffisamment dans la pratique :

a.) Par une courbe d'aimantation virginale, de l'état neutre du fer, $\mathcal{H} = 0$, $\mathfrak{B} = 0$, jusqu'aux champs d'environ $\mathcal{H} = 150$ C.G.S., [pour l'acier trempé jusqu'à 300 C.G.S.] ;

b.) Par une courbe d'hystérésis d'un cycle entre $\mathcal{H} = +150$ C.G.S. et $\mathcal{H} = -150$ C.G.S., [pour l'acier trempé $\mathcal{H} = \pm 300$ C.G.S.]. Il suffit de tracer la moitié supérieure de la courbe.

2° Dans les courbes décrites on choisit :

a.) L'échelle de l'induction $\mathfrak{B}$ égale à 1 mm = 100 C. G. S. ;

b.) L'échelle des intensités du champ $\mathcal{H}$ en général à 2 mm = 1 C. G. S. [dans les courbes de l'acier trempé 2 mm = 2 C. G. S.].

3° Pour les publications on peut employer des échelles réduites au demi ou au quart.

Les courbes de la figure 9 (p. 41) ont été tracées dans ces conditions ; l'échelle de réduction est 1/2.

La courbe d'aimantation originale nous donne les différentes valeurs $\mathfrak{B}$ correspondant aux valeurs croissantes de $\mathcal{H}$, c'est-à-dire la perméabilité $\mu = \mathfrak{B}/\mathcal{H}$. L'intensité maxima $\mathcal{H} = 150$ correspond dans la plupart des cas à l'état de saturation du point de vue technique, et la courbe donne tous les renseignements dont on a besoin pour le calcul des inducteurs, transformateurs, etc.

Pour l'étude des propriétés de l'acier trempé il faut trouver la grandeur du magnétisme rémanent et la force coercitive, mesurés après une aimantation très forte. On peut admettre que des aimantations jusqu'à un champ de 300 C. G. S. seront assez fortes pour donner des résultats dignes de confiance.

---

[1] *Electrotechnische Zeitschrift*, 1898, p. 407.

Pour le fer laminé une courbe d'hystérésis prise entre les deux points + 150 et — 150 C. G. S. ne semblera peut-être pas suffisante aux constructeurs des transformateurs ; car l'on sait qu'aucune formule n'existe pour calculer avec sûreté toutes les valeurs des pertes par hystérésis en fonction d'un coefficient donné [1]. La courbe indiquée ne doit donc servir qu'à juger de la bonté du métal. Pour les calculs spéciaux on fera mieux de déterminer plusieurs courbes des pertes par hystérésis. On déterminera pour exemple les valeurs pour $\mathfrak{B} = 10\,000$ et $\mathfrak{B} = 5\,000$, entre lesquelles l'interpolation permet des lectures assez exactes.

L'emploi des inductions $\mathfrak{B}$ $(= 4\pi\,\mathfrak{J} + \mathfrak{H})$ comme ordonnées se recommande à cause de l'usage général de cette grandeur dans presque toutes les publications ; d'autre part, par l'introduction des abscisses $\mathfrak{H}$ toutes les valeurs sont exprimées en unités C. G. S. Le calcul des ampèretours se fait facilement d'après la formule

$$\mathfrak{H} = 0{,}4\,\pi \text{ amp-tours par cm},$$

de telle sorte qu'il n'y a aucun inconvénient à conserver l'uniformité des échelles.

Détermination de la durée économique des lampes à incandescence ;

Par F.-W. Carter [2].

On sait que le nombre de watts par bougie qu'exige une lampe à incandescence augmente avec le temps écoulé depuis sa mise en service. Il arrive donc un moment où la consommation de la lampe est tellement grande qu'il peut être plus économique de briser la lampe et de la remplacer par une neuve que de continuer à en faire usage. Ce moment dépend évidemment des deux facteurs suivants : le prix d'achat de la lampe et le prix d'achat de l'unité d'énergie ; si la lampe coûte bon marché et l'énergie cher, il y a intérêt à changer souvent de lampe ; si au contraire le coût de la lampe est grand et celui de l'énergie faible il est préférable d'augmenter la durée du service de la lampe.

La détermination du nombre d'heures au bout desquelles il convient de changer la lampe peut s'effectuer simplement par la méthode suivante, qu'indique l'auteur.

Calculons à un moment quelconque de la vie d'une lampe le nombre de bougies-heure qu'elle a fournies et d'autre part la dépense totale (prix d'achat + dépense d'énergie) qu'elle a occasionnée, puis en divisant la première quantité par la dernière, déterminons le nombre moyen de bougies-heure par franc ; c'est au moment où ce nombre devient maximum qu'il est économique de briser la lampe. Or si l'on connaît la courbe APP′ (fig. 1) représentant la variation de l'intensité lumineuse avec le temps, le nombre de bougies-heure fournies au bout du temps ON sera proportionnel à l'aire OAPN ; de même si l'on connaît la courbe BQQ′ représentant la variation avec le temps de la puissance qu'exige la lampe, l'aire OBQN donnera, à un facteur près, la dépense d'énergie faite depuis la mise en service de la lampe, et en ajoutant à cette aire celle du rectangle CDEB, égale au quotient du prix d'achat de la lampe par le facteur de proportionnalité dont il vient d'être question, on aura une aire OCDEBQN proportionnelle à la dépense totale occasionnée par la lampe depuis sa mise en service. En appelant A_1 cette aire et A l'aire APN, la durée la plus économique de la lampe sera déterminée par la relation

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{A}{A_1}\right) = 0, \qquad (1)$$

laquelle peut s'écrire

$$A_1 \frac{dA}{dt} - A \frac{dA_1}{dt} = 0.$$

Mais les dérivées de A et de A_1 par rapport au temps sont les ordonnées NP et NQ des deux courbes à l'instant t ; par conséquent en

---

[1] Le coefficient η de Steinmetz n'est qu'une constante très approximative, dont les valeurs spéciales diffèrent jusqu'à 40 p. 100.

[2] *The Electrical Review*, Londres, t. XLIII, p. 263, 19 août 1898.

désignant respectivement par y et y_1 ces ordonnées, la relation précédente devient

$$A_1 y - A y_1 = 0$$

ou

$$\frac{A}{A_1} = \frac{y}{y_1}.$$

Au moyen d'un planimètre, mesurons A et A_1 pour l'instant ON $= t$, prenons leur rapport et sur l'ordonnée du point N portons une longueur NM proportionnelle à ce rapport ; sur la même ordonnée portons une longueur NL proportionnelle au rapport de y à y_1. Faisons de même pour l'instant $t' = $ ON′ peu différent de t ; nous obtenons les points correspondants M′ et L′. La droite MM′ peut être considérée comme représentant approximativement la variation du rapport des aires avec le temps ; de même la droite LL′ peut être considérée comme représentant approximativement la variation du rapport des ordonnées ; par conséquent l'abscisse ON″ de leur point de rencontre R donnera, avec une approximation très suffisante pour la pratique, le moment où la relation (1) est satisfaite, c'est-à-dire le moment à partir duquel il n'est plus économique de maintenir la lampe en service.

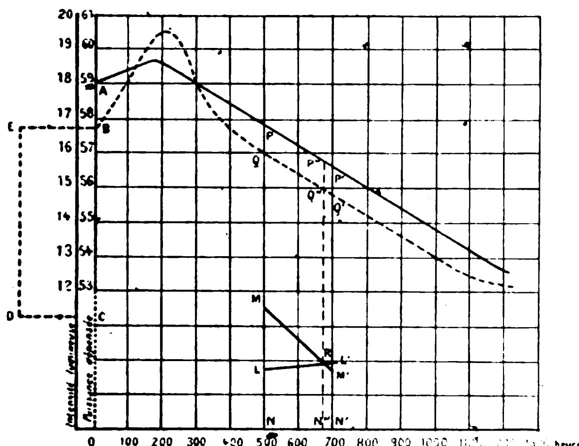


Fig. 1. — Diagramme pour la détermination de la durée économique des lampes à incandescence.

L'auteur fait remarquer que, la condition (1) correspondant aussi bien à un minimum qu'à un maximum du rapport des aires, il se pourrait que la construction précédente conduisît au moment pour lequel ce rapport est minimum et par conséquent ne donnât pas la solution du problème proposé. Mais puisque le rapport $\frac{A}{A_1}$, nul à l'instant zéro, va d'abord en croissant avec le temps, la première valeur de t satisfaisant à la relation (1) correspondra nécessairement à un maximum, et pour qu'il y ait ensuite un minimum il faudrait que la forme des courbes APP′ et BQQ′ soit différente de celle qu'ont donnée tous les essais faits jusqu'ici ; la solution trouvée correspondra donc toujours, avec les lampes de construction courante, au problème cherché.

Néanmoins on peut envisager le cas où il y aurait un minimum. Dans ce cas, la dérivée seconde du rapport des aires serait positive, c'est-à-dire qu'on devrait avoir

$$\frac{1}{A_1^2}\left(A_1 \frac{d^2A}{dt^2} - A \frac{d^2A_1}{dt^2}\right) > 0$$

quand la relation (1) est satisfaite.

Cette condition peut s'écrire

$$y_1 \frac{dy}{dt} - y \frac{dy_1}{dt} > 0$$

Si l'on mène les tangentes aux courbes APP′ et BQQ′ aux points P″ et Q″ ayant pour abscisses le temps ON″ trouvé par la construction, et qu'on les prolonge jusqu'à leurs rencontres avec l'axe des abscisses en S et T (non représentées sur la figure pour ne pas augmenter les dimensions de cette figure), on a :

$$\frac{dy}{dt} = \frac{N''P''}{SN''} = -\frac{y}{N''S}, \quad \frac{dy_1}{dt} = \frac{N''Q''}{TN''} = -\frac{y_1}{N''T}$$

et l'inégalité précédente devient

$$\frac{yy_1}{N''S \times NT}\left(N''S - N''T\right) > 0,$$

c'est-à-dire

$$N''S - N''T > 0.$$

On reconnaîtrait donc facilement que la solution trouvée correspond à un minimum, et par suite devrait être rejetée, à ce que la tangente en P″ à la courbe de l'intensité lumineuse couperait l'axe des abscisses en un point S plus éloigné que celui T où cet axe est rencontré par la tangente en Q″ à la courbe de la puissance. J. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur divers procédés d'observation de la résonance électrique ;

Par A. Turpain [1].

Dans cette communication l'auteur rappelle les différents procédés qui ont été employés pour observer la résonance électrique d'un conducteur placé dans un champ hertzien (méthode du micromètre, du pont métallique, etc.) et décrit un procédé nouveau basé sur la propriété suivante, découverte par l'auteur trois ans auparavant :

Un résonateur circulaire présentant une coupure (outre la coupure de faible longueur dans laquelle jaillissent les étincelles) fonctionne avec une facilité au moins égale à celle que montre un résonateur complet [2]. (La figure 2 de la page 76 représente un résonateur de ce genre.)

Pour étudier un champ hertzien au moyen de ce résonateur il suffit de relier aux deux bouts du fil laissant entre eux la coupure, un circuit contenant une pile et un téléphone ; quand des étincelles jailliront à l'interrupteur, le circuit se trouvera fermé à chaque étincelle et la membrane du téléphone entrera en vibration.

Ce procédé d'observation est beaucoup moins fatigant que celui qui consiste à observer les étincelles à l'interrupteur. En outre il est susceptible de donner une plus grande précision, car l'oreille sait apprécier la gamme des intensités avec une distinction des nuances autrement délicate que n'arrive à le faire l'œil ; et alors qu'à la vue on ne saurait dire si une étincelle est plus lumineuse à un endroit qu'à un autre, le téléphone, par le bruit qu'il transmet à l'oreille, permet à celle-ci de trancher sûrement la question.

Un autre avantage du procédé est qu'il permet de subdiviser les oscillations produites dans le résonateur en groupes plus nombreux que ne peut le faire l'observation micrométrique. En effet, l'œil cesse de pouvoir décomposer en impressions discontinues un phénomène lumineux périodique dont la période excède un dixième de seconde. Si donc le nombre des oscillations est de 50 billions par seconde, comme c'était le cas dans les expériences de M. Turpain, l'œil partagera ces oscillations en 10 groupes de 5 billions d'oscillations. D'autre part, l'oreille est susceptible de percevoir des sons de 30 000 vibrations doubles par seconde ; elle sera par conséquent capable de scinder les 50 billions d'oscillations en 30 000 groupes d'environ un million et demi d'oscillations. Il est vrai que l'oreille doit être armée d'un téléphone, dont la membrane ne peut guère faire que 1 000 vibrations par seconde, mais même dans ces conditions la subdivision des oscillations électriques sera encore 100 fois plus grande qu'avec l'œil.

Une objection peut être faite à l'emploi de cette méthode du téléphone. L'entretien dans le circuit du résonateur d'un courant auxiliaire n'en change-t-il pas les conditions de fonctionnement ?

Pour répondre à cette objection il suffit de

(1) *Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, séance du 23 décembre 1897.

(2) Sur les expériences de Hertz. *Proc.-verb. Soc. sc. phys. et nat. Bordeaux*, avril 1895, p. 53.

supprimer complètement la pile. On se contente de fermer le résonateur coupé par un bon téléphone ; l'oscillation hertzienne se charge alors d'entretenir le téléphone. Il est facile de s'assurer que le régime du téléphone par rapport au résonateur n'a pas changé, en faisant successivement deux expériences avec et sans le secours de la pile. Le son perçu dans les deux cas est de même hauteur, il n'a perdu qu'en intensité.

On peut encore objecter à ce dernier dispositif que la présence même du téléphone dans le circuit du résonateur hertzien augmente la complexité de l'appareil et peut en changer les conditions de fonctionnement. Pour reconnaître si l'objection était fondée, M. Turpain a supprimé les liaisons du résonateur et du circuit téléphonique et a introduit dans ce circuit un microphone très sensible placé dans le voisinage de l'interrupteur du résonateur. Il a obtenu ainsi les mêmes résultats qu'avec les deux procédés précédents, mais avec de bien plus grandes difficultés de réglage.

Cette concordance des résultats légitime donc l'emploi de l'un des deux premiers procédés, d'un usage plus commode ; ils donnent d'ailleurs les mêmes résultats que le procédé micrométrique, comme l'auteur s'en est assuré par l'étude des sections nodales et ventrales du champ hertzien.

En terminant, M. Turpain fait observer que l'on peut remplacer le téléphone par tout autre appareil sensible aux passages du courant auxiliaire. Il a essayé des lampes à incandescence; mais comme le temps que met un filament à rougir est bien plus grand que celui que met une plaque de téléphone à vibrer, ce dispositif manque de sensibilité et n'offre guère qu'un intérêt démonstratif.

Par contre, si l'on ferme le circuit d'un résonateur à coupure par le circuit d'une pile contenant un galvanomètre, on dispose alors, pourvu qu'on prenne un très sensible galvanomètre apériodique, d'un appareil très délicat et pouvant en fait constituer un moyen commode d'observation de la résonance électrique.

Sur le résonateur de Hertz ;

Par A. Turpain [1].

Les procédés d'observation indiqués dans la note précédente ont été appliqués par l'auteur à l'étude systématique du champ hertzien produit par un excitateur et deux fils parallèles. Dans cette étude M. Turpain a recherché

1° Comment se comporte un résonateur suivant l'orientation de son plan par rapport aux directions principales du champ ;

2° L'influence qu'exerce sur les phénomènes observés la direction des étincelles à l'interrupteur ;

3° L'influence exercée par le résonateur lui-même ;

4° Celle de la position du micromètre sur le circuit du résonateur ;

5° Celle de la position de la coupure dans un excitateur coupé ;

6° L'effet de la coupure sur la longueur d'onde du résonateur ;

7° La différence des longueurs d'onde de deux résonateurs de longueurs différentes.

Les mesures de longueurs d'onde ont été faites soit en déplaçant le résonateur dans le champ, soit en laissant le résonateur fixe et déplaçant un pont jeté sur les deux fils.

I. Analyse du champ. — Prenant pour axe des x celui qui passe par les centres des boules de l'excitateur, pour axe des y celui qui est situé dans la direction des fils qui concentrent le champ, et pour axe des z une perpendiculaire aux deux premiers, l'auteur appelle :

Position I, celle du résonateur telle que son plan coïncide avec le plan des xz;

Position II, celle du résonateur telle que son plan coïncide avec le plan des xy;

Position III, celle du résonateur telle que son plan coïncide avec le plan des yz.

(1) *Procès-verbaux de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 20 janvier 1898. — *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 31 janvier 1898.

En plaçant un résonateur successivement dans l'une de ces positions et en le déplaçant parallèlement à lui-même, ou bien le laissant immobile, en déplaçant le pont, on constate l'existence de régions ventrales et nodales pour ces trois positions.

Si l'on mesure les longueurs d'onde, on trouve la loi suivante :

· *Les longueurs d'onde mesurées pour ces trois positions sont sensiblement égales.* On a :

$$\lambda_{I} = \lambda_{II} = \lambda_{III}$$

Les phénomènes sont en général très intenses dans la position II, moins intenses dans la position I, encore moins dans la position III.

Ainsi les distances explosives varient :

de 3 à 7	mm aux	ventres	de la position	II,
0,75 à 2	»	»	»	I,
0,05 à 0,1	»	»	»	III.

C'est dans cette dernière position que l'emploi du micromètre seul est assez pénible et que le secours du téléphone ou du galvanomètre est utile.

A chaque résonateur employé correspond pour les trois positions une longueur d'onde particulière caractéristique du résonateur.

Si l'on compare les positions respectives des ventres et des nœuds dans les trois positions, on peut énoncer cette loi :

2° *Les ventres et nœuds des positions* II *et* III *coïncident.*

Les ventres et nœuds de la position I *chevauchent sur ceux des positions* II *et* III.

Et si l'on a soin de rapporter la position II du résonateur au point occupé par l'étincelle du micromètre, on voit que :

3° *Les ventres pour la position* I *sont aux nœuds des positions* II *et* III, et inversement *les nœuds pour la position* I *sont aux ventres des positions* II *et* III.

II. Influence de la direction des étincelles au micromètre. — On a déterminé les positions des sections ventrales et nodales pour deux résonateurs présentant le même développement, aussi identiques que possible, et ne différant que par la disposition de la coupure du micromètre.

L'un B était muni d'un micromètre tel que la direction de l'étincelle était normale à la circonférence du résonateur en son plan.

L'autre B' était muni d'un micromètre tel que la direction de l'étincelle était tangente à la circonférence du résonateur.

Les résultats fournis par ces deux résonateurs sont les mêmes.

Le fonctionnement du résonateur semble donc indépendant de la direction de l'étincelle au micromètre.

Toutefois, les distances explosives maxima observées ont été sensiblement plus grandes avec le micromètre normal qu'avec le micromètre tangent.

III. Influence du résonateur. — Si l'on compare, dans le tableau des mesures faites à l'aide du déplacement du pont, la valeur des longueurs d'onde successives dans les trois positions, on voit que lorsque le résonateur a été placé de telle sorte qu'on puisse placer le pont entre l'excitateur et le résonateur, puis au delà du résonateur, la présence du résonateur influe en diminuant plus ou moins la section ventrale qu'il occupe.

Le résonateur par sa présence rétrécit la longueur d'onde qu'il décèle, dans la partie du champ qu'il occupe.

Et cette influence semble plus marquée pour la position II que pour les deux autres.

IV. Influence de la position du micromètre. — Pour étudier plus complètement le fonctionnement du résonateur dans les trois positions principales, on s'est astreint à mesurer les phénomènes en faisant occuper à l'interruption du micromètre toutes les positions possibles dans chaque plan.

C'est ainsi que (fig. 1) dans la position

I (xz) on place successivement la coupure du micromètre

sur la direction positive de l'axe des			z ($\alpha = 0°$),
»	»	»	x ($\alpha = 90°$),
»	négative	»	z ($\alpha = 180°$).
»	»	»	x ($\alpha = 270°$),

et dans les positions intermédiaires.

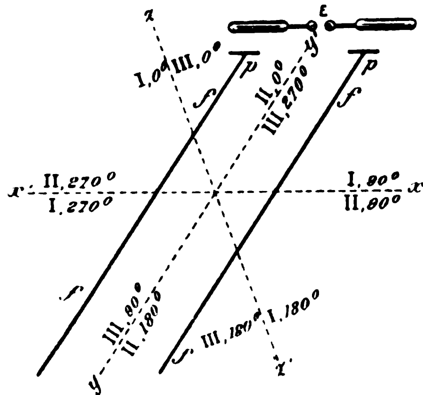


Fig. 1.

De même dans la position II (xy) on place successivement l'interruption du micromètre

sur la direction négative de l'axe des			y ($\alpha = 0°$),
»	positive	»	x ($\alpha = 90°$),
»	»	»	y ($\alpha = 180°$),
»	négative	»	x ($\alpha = 270°$),

Enfin dans la position III (xy) on place successivement l'interruption du micromètre

sur la direction positive de l'axe des			z ($\alpha = 0°$),
»	»	»	y ($\alpha = 90°$),
»	négative	»	z ($\alpha = 180°$),
»	»	»	y ($\alpha = 270°$).

Si l'on observe les phénomènes pour chaque position principale, le micromètre étant placé successivement dans les différents azimuts, on observe que :

1° *Il existe des azimuts d'extinction pour les positions* I *et* III ;

2° *Il n'existe pas d'azimut d'extinction pour la position* II.

Pour les positions I et III, *aux ventres comme aux nœuds,* le micromètre placé *soit à* $\alpha = 90°$, *soit à* $\alpha = 270°$, ne donne naissance à aucune étincelle.

Pour la position II, aux ventres, le micromètre donne des étincelles de même ordre de longueur dans tous les azimuts.

Cependant les maxima des étincelles des positions $\alpha = 0°$ et $\alpha = 180°$ sont sensiblement plus grands que ceux des positions $\alpha = 90°$ et $\alpha = 270°$.

La détermination des longueurs d'onde pour la position II et pour le micromètre situé à $\alpha = 0°$ ou à $\alpha = 180°$, montre qu'on doit rapporter la position du résonateur non pas à son centre, mais au micromètre.

3° *C'est la position du micromètre qui règle dans ce cas (position* II, $\alpha = 0°$ ou $\alpha = 180°$) *la position du ventre.*

On n'avait pas à tenir compte, en effet, du rayon du résonateur dans la position I, pour les divers azimuts, le micromètre restant toujours à la même distance que le centre du résonateur.

Mais dans la position II, suivant qu'il se trouve à $\alpha = 0°$ ou à $\alpha = 180°$, le micromètre est ou plus près ou plus loin du ventre que le centre du résonateur et l'écart est égal au rayon du résonateur.

Il y aurait également lieu de tenir compte de ce rayon dans la position III, mais il se trouve que les azimuts $\alpha = 90°$ et $\alpha = 270°$ correspondent au diamètre d'extinction, si bien qu'un résonateur dans cette position et dans ces azimuts, déplacé tout le long du champ, ne manifeste d'étincelle en aucun point.

V. Influence d'une coupure et de sa position. — Pour pénétrer plus avant dans l'étude du résonateur hertzien, l'auteur a soumis à la même analyse expérimentale un résonateur présentant une coupure, indépendamment de l'existence du micromètre.

La grandeur de la coupure variait de 2 à 11 centièmes de la longueur totale du résonateur complet.

Le résonateur était formé de plusieurs arcs métalliques pouvant être réunis par de petites bagues de cuivre, si bien que le résonateur pouvait se transformer, à volonté, de résonateur complet en résonateur à coupure symétrique ou dissymétrique.

Un résonateur à coupure symétrique présente les mêmes azimuts d'extinction qu'un résonateur complet.

Un résonateur à coupure dissymétrique ne présente pas de phénomène d'extinction pour les positions I *et* II *quand le micromètre est à* $\alpha = 90°$ *ou* $\alpha = 270°$.

On a cherché l'azimut d'extinction ou de minimum d'effet d'un résonateur à coupure dissymétrique pour les positions I et III et voici la règle qui donne cette position :

L'azimut α *d'extinction ou de minimum d'effet est tel que l'azimut d'extinction du résonateur complet passe par le milieu de la coupure.*

Si 2γ est l'angle de coupure (fig. 2), μ l'an-

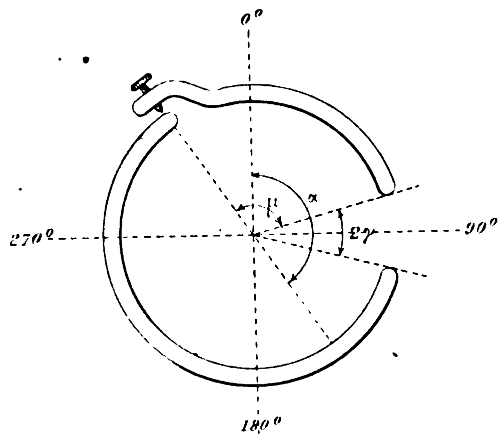


Fig. 2.

gle de la plus petite position du résonateur coupé,

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - (\mu + \gamma) \quad \text{ou} \quad 3\frac{\pi}{2} - (\mu + \gamma).$$

Quand la coupure est symétrique, on a $\mu + \gamma = \pi$:

$$\alpha = -\frac{\pi}{2} \quad \text{ou} \quad \frac{\pi}{2}.$$

Si l'on mesure les sections ventrales et nodales relatives à un résonateur à coupure placé successivement dans les trois positions, on constate que s'il est indifférent de faire les mesures relativement au micromètre ou à la coupure pour la position I, il n'en est plus de même pour la position II et III.

Pour que la remarque relative au chevauchement des ventres et des nœuds subsiste ici, il est indispensable de faire les lectures aux points occupés non par le micromètre, mais par la coupure.

C'est ainsi que si l'on s'adresse à un résonateur dont la coupure a été pratiquée le plus loin possible du micromètre (70 cm) et qu'on peut à volonté reconstituer complet, on constate qu'il faut amener le pont mobile juste au-dessus du micromètre pour obtenir une étincelle maxima dans la position II lorsque le résonateur est complet, alors qu'il suffit d'amener le même pont au-dessus de la coupure pour obtenir le maximum d'effet dans la même position II, lorsque le résonateur est coupé.

De même que pour un résonateur complet il n'est point besoin de corriger les mesures relatives à la position III pour un résonateur à coupure symétrique, puisque pour cette position les azimuts $\alpha = 90°$ et $\alpha = 270°$ correspondent au diamètre d'extinction, mais il n'en est plus de même pour un résonateur à coupure dissymétrique. On doit faire les lectures dans la position III, aux points occupés par la coupure, qui ne coïncide plus alors avec ceux occupés par le micromètre.

On peut résumer ainsi tous ces énoncés relatifs aux résonateurs à coupure :

Dans un résonateur à coupure, la coupure joue le rôle que jouait le micromètre dans le résonateur complet.

Et cela tant pour les positions d'extinction que pour les positions des sections nodales et ventrales.

Tout ce que l'on a dit du micromètre dans le cas du résonateur complet peut se dire de la coupure dans le cas du résonateur coupé.

VI. Influence de la coupure sur la longueur d'onde d'un résonateur. — On a comparé les mesures fournies par l'étude d'un résonateur complet et d'un résonateur à coupure de même rayon ; on trouve que :

La différence entre la demi-longueur d'onde d'un résonateur complet, et la demi-longueur

d'onde d'un résonateur à coupure de même rayon, est sensiblement égale à la longueur de la coupure

$$\lambda - \lambda_c = 2c.$$

L'exactitude de cette règle est d'autant plus grande que l'on a affaire à des résonateurs plus identiques, — c'est ainsi que la comparaison des résultats relatifs aux résonateurs désignés par B, B′ et B″ dans le tableau des résultats donné plus loin, donne pour une coupure de 22 cm une différence de longueurs d'onde de 28 cm, mais il est à remarquer que la coupure de B″ est munie de bornes serre-fils, et que l'influence des micromètres (qui correspond à une longueur utile des résonateurs fort grande) peut n'être pas la même pour B, B′ et B″.

VII. Comparaison des longueurs d'onde de deux résonateurs de longueurs différentes. — On est frappé, quand on compare la demi-longueur d'onde d'un résonateur et son développement, de la grande différence qui existe entre ces deux nombres, alors qu'on admet en général leur égalité.

En réalité, la présence du micromètre introduit une perturbation notable, si bien que, quelque simple qu'on le constitue, le micromètre tient la place d'une longueur utile de résonateur fort grande, et cela semble devoir être surtout attribué au pas de vis micrométrique impossible à supprimer, comme il ressort de mesures faites avec un même résonateur et un même micromètre à vis, aussi petite que possible et sans tête, et avec une vis de plusieurs centimètres et à large tête.

Tableau des résultats des mesures

Positions			V	N	V	N	V	λ	L	C
1° Résonateurs complets										
			m	m	m	m	m	m	m	m
B	I,	0°	1,23	2,51	3,75	4,98	6	4,90	1,95	
	II,	0°	»	1,25	2,49	3,78	5,02	»	»	
	»	90°	»	1,30	2,50	3,76	4,97	»	»	
	»	180°	»	1,22	2,52	3,72	4,98	4,97	»	
	»	270°	»	1,28	2,51	3,75	5	»	»	
	III,	0°	»	1,25	2,52	3,75	5,03	5	»	
B′	I,	0°	1,25	2,50	3,75	5	»	5	2	
	II,	0°	»	1,24	2,48	3,77	4,97	5,02	»	
a	I,	0°	1,50	»	4,30	»	»	»	»	
	II,	0°	»	»	2,90	4,30	5,70	5,60	2,50	
b	I,	0°	1,15	2,32	3,45	4,60	5,73	»	»	
	II,	0°	»	»	2,30	»	4,60	4,60	2	
	III,	0°	»	1,15	2,30	3,43	4,60	»	»	
δ	I,	0°	1,86	»	3,50	»	5,10	3,20	1,25	
2° Résonateurs a coupures										
B″	I,	0°	1,10	2,33	3,30	4,41	5,50	4,40	1,70	0,22
δ''_1	I,	0°	2,60	»	4,05	»	5,50	2,90	1,10	0,15
δ''_2	I,	0°	2,75	»	4,10	»	5,40	2,60	0,93	0,32

Mais si au lieu de comparer la longueur d'onde décelée par un résonateur à sa longueur, on compare entre elles les longueurs d'ondes de deux résonateurs et les longueurs

de ces résonateurs, on peut assez sensiblement énoncer la loi suivante :

La différence entre les demi-longueurs d'onde relatives à deux résonateurs est sensiblement égale à la différence de leurs longueurs.

$$\lambda - \lambda' = 2(L - L').$$

Pour peu que l'on ait eu soin de munir les deux résonateurs de micromètres aussi identiques que possible, l'élimination de la perturbation apportée par les micromètres se fait par la soustraction des mesures obtenues.

Les résultats des mesures qui ont conduit aux diverses lois énoncées précédemment sont consignés dans le tableau de la page 77.

Remarques touchant les lois du résonateur hertzien établies par M. Turpain;

Par P. Duhem [1].

Malgré la netteté et la simplicité des lois établies par M. Turpain, il serait, je crois, téméraire d'en vouloir donner, dès maintenant, une explication théorique complète. Il nous semble toutefois que plusieurs de ces lois viennent se grouper de la manière la plus nette autour de l'interprétation du rôle du résonateur hertzien que nous avions développée en 1895 dans notre enseignement, et brièvement indiquée dans une note parue à *L'Éclairage Électrique* [2]. Développant une théorie qui est la généralisation de la théorie de Helmholtz, nous admettions dans les conducteurs l'existence simultanée de flux longitudinaux et de flux transversaux; nous montrions que l'équation aux dérivées partielles, assez compliquée, qui régit les premiers, se réduit, pour les conducteurs parfaits, à l'équation des petits mouvements; que, pour des oscillations dont la fréquence ne dépasse pas celle des oscillations hertziennes, tous les conducteurs peuvent être regardés comme des conducteurs parfaits; et nous ajoutions :

Dans les expériences hertziennes, les corps conducteurs nous paraissent agir surtout par les flux longitudinaux qui les traversent.

Il nous semble, en particulier, que l'état électrique d'un fil métallique de faible section soit assimiliable à l'état vibratoire d'un tuyau sonore dans l'hypothèse des tranches. C'est ainsi que, dans notre enseignement, nous avons donné, du *pont* employé tout d'abord par M. Blondlot, et dont M. Turpain fait usage dans la présente étude, une théorie analogue à celle du trombone à coulisse.

Si le fil est isolé à une extrémité, cette extrémité est sensiblement un nœud pour les flux longitudinaux; cette extrémité est analogue à l'extrémité close d'un tuyau fermé.

Prenons, par exemple, un fil de longueur L, dont A et B sont les deux extrémités; l'oscillation électrique longitudinale *propre*, la plus grave qu'il puisse présenter, est celle qui a pour nœuds les deux points A et B, et pour longueur d'onde, dans le métal, 2L. Sa période T est donnée par l'équation

$$\mathfrak{T} T = 2 L,$$

où $\mathfrak{T}$ est la vitesse de propagation des flux longitudinaux dans les conducteurs parfaits.

Placé dans un milieu diélectrique, siège de flux périodiques, transversaux par exemple, de période T, ce résonateur vibrera; toutes choses égales d'ailleurs, c'est-à-dire pour une position relative donnée du résonateur et des conducteurs (fils,...) qui déterminent la forme du champ, pour obtenir la résonance la plus intense, on devra, selon les lois connues de la résonance, faire coïncider une *section ventrale* du milieu avec un *nœud* de la vibration propre du résonateur.

Si l'on applique ce qui vient d'être dit au résonateur type Sarrazin-de La Rive employé par M. Turpain, on voit que l'on arrive à la loi suivante :

Si l'on fait glisser le résonateur, orienté d'une manière quelconque, parallèlement aux fils qui concentrent le champ, la résonance la

---

(1) *Procès-verbaux des séances de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 20 janvier 1898.

(2) Duhem. — Sur l'interprétation théorique des expériences hertziennes, t. IV, p. 295 et 494.

plus intense a lieu lorsque le MICROMÈTRE *se place dans une section ventrale du champ.*

La vérification de cette loi par M. Turpain est un précieux contrôle de la théorie proposée.

Pour rendre compte de la résonance d'un *résonateur coupé*, il faut supposer que la vibration longitudinale propre que la résonance excite est celle qui a pour nœuds les extrémités de la coupure, *le reste du résonateur étant traité comme un résonateur ininterrompu*, ce qui doit être sensiblement vrai lorsque les étincelles éclatent au micromètre. Un résonateur de longueur totale L, dont la coupure a une longueur c, et dont la longueur conductrice réelle a, dès lors, pour valeur $(L - c)$, donnera des vibrations longitudinales propres dont la période T' sera donnée par la relation

$$\mathfrak{T}T' = 2(L - c).$$

On voit que, *si la coupure c est de petites dimensions, les conditions de fonctionnement d'un résonateur coupé de longueur totale* L *seront exactement celles d'un résonateur non coupé de longueur* $(L - c)$, *pourvu que l'on place toujours la coupure du premier où l'on placerait le micromètre du second.*

La vérification si complète de cette loi par M. Turpain nous semble encore une confirmation remarquable de l'interprétation donnée du rôle du résonateur hertzien.

Admettons ce rôle comme démontré. Nous fondant sur cette loi observée par MM. Sarrazin et de La Rive : *la longueur d'un internœud trouvé dans l'éther (pratiquement, dans l'air) avec un résonateur donné est sensiblement égale à la longueur du résonateur*, nous avons établi la proposition suivante :

La vitesse de propagation des flux transversaux dans l'éther est égale à la vitesse de propagation des flux longitudinaux dans les conducteurs parfaits.

Mais la loi expérimentale dont nous avions fait usage pour établir cette proposition n'était vérifiée que d'une manière très grossière par les expériences de MM. Sarrazin et de La Rive. Il était permis de supposer que les écarts devaient être attribués à ce que l'hypothèse des tranches, sensiblement vraie le long du résonateur, ne l'était plus au voisinage du micromètre. M. Turpain est parvenu à obtenir, de la loi invoquée par nous, une vérification indépendante de ces *perturbations aux extrémités*, en comparant la *différence* des longueurs de deux résonateurs, de micromètres identiques, à la *différence* des longueurs des internœuds, mesurées par ces deux instruments. L'égalité de ces deux différences met hors de doute la loi que nous avions invoquée.

Sur le champ hertzien ;

Par A. TURPAIN [1].

Dans son précédent mémoire l'auteur relatait les résultats de son étude du champ produit par deux fils tendus parallèlement entre eux et perpendiculairement à la droite passant par les centres des boules de l'excitateur. Dans celui-ci il donne les résultats d'une étude analogue du champ produit par un seul fil, et compare les résultats des deux études.

Avant de suivre l'auteur dans la description des expériences indiquons-en immédiatement les principales conséquences ; cette description, assez peu commode à présenter, s'en trouvera, croyons-nous, plus facile à suivre. Ces conséquences sont :

1° *Si l'on considère isolément chacun des fils concentrant le champ, on obtient un système de ventres et de nœuds offrant à l'extrémité libre un ventre pour la position I et un nœud pour les positions II et III.*

2° *L'état électrique de deux ventres en regard pris sur chacun des fils n'est pas identique ; il est, en l'un des ventres, de signe contraire à ce qu'il est en l'autre.*

Faisons remarquer que ces conséquences de

(1) *Procès-verbaux de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 31 mars 1898.

l'expérience pouvaient être en partie pressenties en suivant l'idée de l'assimilation, rappelée par M. Duhem dans la note précédente de l'état électrique d'un fil à l'état vibratoire d'un tuyau sonore dans l'hypothèse des tranches. En effet il résulte de cette assimilation que dans le cas d'un seul fil on doit avoir un système de ventres et de nœuds et que deux ventres consécutifs doivent être dans un état électrique différant par le signe.

D'autre part, il est à présumer que quand on prend deux fils les ventres en regard doivent être dans des états électriques différents puisque les plaques reliées aux fils et disposées en face des plaques de l'excitateur, ont au même instant des charges de noms contraires.

Remarquons encore que cette non-identité de l'état électrique de deux points en regard pris sur chacun des fils résulte aussi du fait suivant : lorsqu'on place un pont sur les deux fils il se produit à la place occupée par ce pont un nœud pour la position I et un ventre pour les positions II et III du résonateur; car si les deux fils avaient à chaque instant leurs points en regard dans le même état électrique, l'établissement du pont ne devrait troubler en rien la distribution des sections nodales.

Enfin relevons une objection qui pourrait être soulevée; s'il est vrai que les ventres en regard pris sur chacun des fils sont dans des états électriques inverses, leurs actions sur le résonateur devraient interférer. Nous verrons que c'est en effet ce qui a lieu quand le résonateur est convenablement placé par rapport à l'un et à l'autre des fils et que si ordinairement on observe une action sur le résonateur c'est que celui-ci se trouve précisément dans une position telle que les actions de chacun des fils s'ajoutent.

Passons maintenant aux nombreuses et intéressantes expériences qu'a faites M. Turpain pour établir d'une façon certaine les propositions énoncées ci-dessus.

I. Propriétés du champ hertzien concentré par un seul fil. — Tant pour permettre l'étude complète de ce champ en lui-même que pour faciliter la comparaison des résultats obtenus avec ceux que donne l'étude du champ à deux fils, l'auteur a placé les résonateurs non seulement dans les trois positions I, II, III du précédent mémoire, mais encore pour chaque orientation du plan du résonateur correspondant à l'une d'elles, dans trois positions obtenues en déplaçant plus ou moins le résonateur dans son plan ou parallèlement à lui-même. On a donc neuf positions se divisant en :

1° Positions symétriques, où le fil est un axe de symétrie du résonateur : perpendiculaire à son plan pour la position I; un diamètre pour les positions II et III, lesquelles sont d'ailleurs identiques par suite de la symétrie du champ;

2° Positions dissymétriques, déduites des précédentes en donnant au résonateur, dans son plan, un déplacement assez faible pour que le fil, ou bien coupe ce plan à l'intérieur du cercle qu'il délimite (position I), ou bien soit une corde de ce cercle (positions II et III, encore ici identiques par suite de la symétrie du champ).

3° Positions extérieures, déduites des précédentes en accentuant le déplacement dans son plan (positions I et II), ou en le déplaçant parallèlement à lui-même (position III), les positions II et III ne sont plus identiques.

Dans chacune de ces positions on a fait varier l'azimut du micromètre en conservant les notations employées dans le précédent travail.

Voici les résultats fournis par cette étude :

Positions symétriques. — Position I. — 1° *Un résonateur déplacé dans la position I manifeste des sections nodales et ventrales, l'extrémité libre du fil étant un ventre. — Toutefois l'intensité du phénomène est des plus faibles, il doit être rapporté au fait d'une dissymétrie impossible à éviter.*

2° *L'intensité* très faible *du phénomène est* égale *dans tous les azimuts.*

Positions II et III. — 1° *Présentent les mêmes phénomènes que la position I au che-*

vauchement des ventres et des nœuds près.

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre coïncide avec la direction du fil.*

Positions dissymétriques. — Position I. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales, l'extrémité libre du fil étant un ventre.*

Les phénomènes sont ici d'une très appréciable intensité.

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre passe par le fil.*

Positions II et III. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales qui sont interverties par rapport à celles de la position I, l'extrémité libre du fil étant un nœud.*

2° *Il y a minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre est perpendiculaire à la direction du fil.*

Positions extérieures. — Position I. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales, l'extrémité libre du fil étant un ventre.*

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre prolongé passe par le fil.*

Position II. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales interverties par rapport à celles de la position I.*

2° *Il y a minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre est perpendiculaire à la direction du fil.*

Position III. — 1° *Le résonateur décèle des sections nodales et ventrales identiques à celles de la position II.*

2° *Il y a extinction ou minimum d'effet lorsque le rayon du micromètre est parallèle au fil.*

Dans tous les cas, pour les positions II et III les lectures furent faites au micromètre.

Ces résultats sont relatifs à un résonateur complet. Ceux auxquels conduit un résonateur à coupure peuvent se ranger sous cette loi déjà énoncée dans un travail précédent.

Dans un résonateur à coupure, la coupure joue le rôle que jouait le micromètre dans le résonateur complet.

II. Comparaison des propriétés du champ a un fil et du champ a deux fils. — A la suite de cette étude du champ à un fil, l'auteur a effectué une série de mesures comparatives des intensités des phénomènes dans le cas de un et de deux fils.

A cet effet, le résonateur était placé, alors que le champ n'était concentré que par un fil, dans chacune des positions I, II et III, dans la situation même qu'il devait offrir pour ces différentes positions lorsqu'on ajoutait le second fil concentrant le champ.

Dans ces conditions, les effets du premier fil sur le résonateur étaient identiques, que le second fil soit absent ou qu'il soit tendu. La mesure des distances explosives au micromètre permettait donc de pouvoir se faire une idée de l'augmentation d'intensité qu'apportait dans chaque cas la présence du second fil.

Nous ferons remarquer que les choses étant ainsi disposées, les positions du résonateur par rapport au premier fil correspondaient :

La position I à une position dissymétrique ;

La position II à une position dissymétrique ;

La position III à une position extérieure.

Voici le tableau résumé de ces mesures comparatives :

Positions :		I, 0°	I, 270°	II, 0°	II, 270°	III, 0°	III, 270°
		mm	mm	mm	mm	mm	mm
Champ à 1 fil.	V	0135	0038	0563	0323	0015	0008
	N	0060	0022	0225	0240	0008	0000
Champ à 2 fils.	V	0240	0038	1500	1410	0038	0023
	N	0090	0030	1125	1028	0023	0015

On voit par ces chiffres que les longueurs d'étincelles sont, pour une même position du résonateur, plus grandes lorsqu'il y a deux fils que lorsqu'il n'y en a qu'un. On est donc tenté de considérer chaque point en regard de chacun des fils comme étant à chaque instant dans le même état électrique. Mais nous avons vu que cette manière de voir est en désaccord absolu avec l'influence que l'établissement d'un pont a sur la distribution des sections nodales. D'autres expériences

étaient donc nécessaires pour élucider cette contradiction en donnant des renseignements plus complets sur le rôle de chaque fil dans le phénomène.

Dans ces expériences les deux plaques A, B de l'excitateur sont disposées parallèlement et aussi éloignées que possible. Elles sont flanquées chacune de deux plaques métalliques indépendantes, parallèles à la plaque d'excitateur dont elles concentrent les effets et dont elles sont d'ailleurs le plus rapprochées possible.

Soient *a*, *a'* les deux plaques parallèles à A ; *b*, *b'* celles voisines de B ; *a'* et *b'* sont entre les plaques de l'excitateur, *a* et *b* en dehors. Nous indiquerons que le fil 1 a été relié à la plaque *a* par le symbole 1_a.

On a obtenu les résultats suivants :

1° *Les champs à un fil* 1_a, $1_{a'}$, 1_b, $1_{b'}$, 2_a, $2_{a'}$, 2_b, $2_{b'}$ *donnent le même système de ventres et de nœuds* qui est le suivant :

Position I	N	V	N	V	N	V	N	V
	0,75 m	1,50 m	2,25 m	3 m	3,75 m	4,50 m	5,25 m	6 m (extrémité)
Position II-III	V	N	V	N	V	N	V	N

2° *Les champs à deux fils* $1_a\ 2_b$, $1_{a'}\ 2_{b'}$, *comme aussi* $1_a\ 2_{b'}$, $1_{a'}\ 2_b$ *donnent le même système de ventres et de nœuds identique en position au précédent.*

3° *Les champs à deux fils* $1_a\ 2_{a'}$, $1_b\ 2_{b'}$ *ne donnent plus aucun système de ventres et de nœuds.*

Il y a INTERFÉRENCE *tout le long du champ.*

Le résonateur étant, par exemple, placé par rapport au champ des deux fils dans la position I, 0°, à chaque instant l'effet produit sur lui par le fil 1 est annulé par l'effet du fil 2. Ces deux fils, en effet, se trouvent placés par rapport au résonateur dans une position I dissymétrique.

Les déterminations d'intensité qui suivent montrent la netteté de ce phénomène.

Position I, 0°	V, 4,50 m	
Champs :	1 — *a* et 2 — *a'*	1 — *a* et 2 — *b*
Intensités :	0,030 mm	0,248 mm

Pour plus de commodité les deux fils ont été tendus dans le champ, ils sont à volonté reliés ou non aux plaques *aa' bb'*. Il y a bien de ce fait une petite perturbation, mais assez faible, comme l'auteur s'en est assuré en faisant la mesure avec un seul fil tendu dans les mêmes conditions.

On a trouvé, en effet, pour le ventre situé à 4,5 m de l'origine et pour la position I, 0° du résonateur, une longueur d'étincelles de 0,135 mm lorsque le fil 2, relié à la plaque *b*, était seul et 0,150 mm lorsque, outre ce fil relié à la même plaque, se trouvait le fil 1 dont l'origine était isolée.

On essaya dans le cas d'interférence $1_a\ 2_{a'}$ de faire une détermination en déplaçant un pont jeté sur les deux fils, mais quelle que fût sa situation par rapport au résonateur, ce dernier ne manifesta constamment que des étincelles à peine perceptibles.

Ces résultats indiquaient nettement que les actions de chacun des fils sur le résonateur interfèrent précisément dans les cas où par suite de la liaison des fils aux plaques *a* et *a'* ou *b* et *b'* l'état électrique doit a priori être le même en deux points en regard pris sur chacun des fils. Or s'il y a interférence dans ces cas, tandis qu'au contraire il y a addition dans ceux où les liaisons des fils et des plaques permettent de prévoir des états électriques de signes contraires en deux points en regard, la cause de ces phénomènes ne peut être cherchée que dans une dissymétrie de la position du résonateur par rapport à l'un et à l'autre fil.

Quand le résonateur est dans la position I, 0°, son plan est rencontré par les fils en deux points situés de part et d'autre du diamètre vertical passant par le micromètre. On peut penser que la dissymétrie résulte de ce que les points de rencontre ne sont pas dans le même demi-cercle. Soulevons un peu le résonateur dans son plan (position que nous

désignerons par α) ; la dissymétrie, si l'opinion précédente est exacte, subsistera. Faisons-le ensuite tourner dans son plan de 90°, de manière à ce que le micromètre se trouve sur un diamètre horizontal (position β) ; les points de rencontre des fils et du plan du résonateur se trouveront tous deux dans le demi-cercle inférieur, et la dissymétrie n'existera plus.

Par conséquent, s'il y a interférence pour la position α, il y doit avoir addition des effets pour la position β et inversement. Or c'est précisément ce qui a lieu, comme le montrent les valeurs suivantes des longueurs d'étincelles observées :

Champs.	Position α.	Position β.
$1_0\ 2a'$	0,75 mm	1,39 mm
$1a\ 2a'$	1,13 »	0,04 »
$1a\ 2b$	0,03 »	1,97 »

Ces faits établis, M. Turpain a effectué une autre série d'expériences confirmant pleinement l'hypothèse que deux ventres consécutifs ne sont pas dans le même état d'équilibre.

Dans ces expériences, l'un des fils, le fil 1, par exemple, est coupé près de l'origine, et dans la coupure on intercale un fil de longueur variable. Par suite de l'addition de ce fil, la distance des nœuds et des ventres du fil 1 à l'origine, comptée en ligne droite, se trouve modifiée. En particulier, si la longueur du fil additionnel est de un quart de longueur d'onde, un nœud prend la place d'un ventre, et inversement le long du fil 1 et au delà de la coupure. Par conséquent, si l'on relie les fils 1 et 2 aux plaques *a* et *a'* ou *b* et *b'*, il ne doit plus y avoir interférence comme auparavant, et c'est en effet ce que montre l'expérience.

Si la longueur du fil additionnel est de une demi-longueur d'onde, un ventre de rang pair se substitue à un ventre de rang impair le long du fil 1 ; si elle est égale à une longueur d'onde, un ventre de rang pair se substitue à un ventre de rang pair également. Par conséquent on doit retrouver dans ce dernier cas les mêmes phénomènes que lorsqu'il n'y avait pas de fil additionnel, tandis que dans le premier il doit y avoir interférence là où il y avait addition des effets et inversement. Ces conséquences sont faciles à vérifier en intercalant dans la coupe une longueur de fil égale à une longueur d'onde et en plaçant deux ponts permettant de mettre hors circuit, l'un la moitié de ce fil, l'autre le fil entier. En opérant ainsi, M. Turpain a trouvé les résultats indiqués dans le tableau suivant :

LONGUEUR de fil intercalée.	CHAMP 1*a* 2*b*.	CHAMP 1*a* 2*a'*.
0	Ventres et nœuds successifs.	Interférence tout le long du champ.
$\frac{\lambda}{2}$	Interférence.	Ventre et nœuds.
λ	Ventres et nœuds.	Interférence.

Les résultats des différentes expériences de M. Turpain sont donc tous facilement explicables dans l'hypothèse qu'un fil qui est le siège d'oscillations est assimilable à un tuyau sonore. Il reste cependant encore un point à expliquer : c'est le renversement du système de nœuds et de ventres, selon que l'observation est faite avec un résonateur placé dans la position I ou avec un résonateur placé dans les positions II ou III (1).

J. B.

(1) M. Turpain nous communique à ce propos la remarque suivante :

Si on veut admettre la théorie d'Helmoltz généralisée par M. Duhem, au lieu de partir comme Maxwell (point de départ attribuable au désir du théoricien anglais d'arriver à une théorie électromagnétique de la lumière) avec l'hypothèse fondamentale des seuls flux transversaux, ou partira avec l'hypothèse de la coexistence des deux sortes de flux transversaux et longitudinaux.

Les uns se réfléchiraient à l'extrémité des fils sans changement de signe, les autres avec changement.

Là serait la réponse à la question.

Celle-ci reste cependant entière, car il faudrait admettre que le résonateur est sensible dans la position I aux seuls flux transversaux, et dans la position II aux seuls flux longitudinaux.

BIBLIOGRAPHIE

Alternating Current Phenomena (Les Phénomènes du courant alternatif), par M. Charles Proteus Steinmetz. 2e édition. *W.-J. Johnston et Cie*, éditeurs, New-York.

Nous n'avons pas pu rendre compte de la première édition de cet ouvrage, les éditeurs nous ayant oublié. Etant donnée la rapidité avec laquelle a été épuisée cette première édition, peu de changements ont été faits et l'auteur a dû se contenter de corriger quelques erreurs ; quelques additions ont toutefois été faites, principalement sur les dernières créations de M. Steinmetz : le *couplage en tandem*, breveté du reste, comme nous l'avons signalé, par MM. Siemens et Halske en 1894 [1], le *moteur d'induction synchrone* et le *moteur d'hystérésis.*

L'apparition du livre de M. Steinmetz a fait quelque bruit dans le monde électrique, par suite de la notoriété de son auteur, mais beaucoup de personnes, et nous sommes de celles-là, ont été un peu déçues à sa lecture. Evidemment on s'attendait à y retrouver l'emploi des quantités imaginaires dont M. Steinmetz a fait de multiples applications à la théorie des courants alternatifs et dont la plupart ont été présentées et analysées par nous dans *La Lumière Électrique* et dans cette revue [2], mais on s'attendait aussi à y voir autre chose que des considérations purement théoriques, et en particulier la description du matériel à courants alternatifs de la General Electric, dont l'auteur est un des principaux ingénieurs. Il faut espérer que dans les éditions prochaines, M. Steinmetz tiendra compte de notre observation qui, nous le répétons. est un desideratum de beaucoup de lecteurs.

Nous avons déjà eu l'occasion de dire que l'idée d'employer les imaginaires sous la forme $a + b\sqrt{-1}$ à la résolution des problèmes sur les courants alternatifs est bien antérieure aux travaux de M. Steinmetz, et qu'elle a été appliquée en particulier par M. Wien dans la théorie du pont de Wheatstone avec l'emploi du téléphone [1] et par M. Kennelly, quelques mois avant M. Steinmetz. Ce dernier n'en reste pas moins un des promoteurs de l'application des imaginaires et les résultats qu'il en a obtenus sont très intéressants.

L'ouvrage de M. Steinmetz, publié en partie dans diverses publications, comprend 30 chapitres et deux appendices. Les quatre premiers chapitres : Introduction, Valeurs instantanée et efficace, Loi de l'induction électromagnétique et Représentation graphique, constituent en somme des notions préliminaires indispensables à la compréhension de l'ouvrage.

Ce n'est qu'au chapitre V que l'auteur expose les principes de l'application des imaginaires.

La méthode topographique que M. Steinmetz donne au chapitre VI est particulièrement avantageuse pour la représentation graphique des systèmes à courants polyphasés équilibrés ou non.

Après avoir défini (chap. VII) les termes déjà entrés dans le langage technique, d'admittance, inverse de l'impédance ; de conductance et de susceptance, partie réelle et imaginaire de l'admittance ; l'auteur applique le calcul des imaginaires aux circuits contenant de la résistance, de la self-induction et de la capacité (chap. VIII), et en particulier aux lignes de transmission (chap. IX) avec self-induction.

M. Steinmetz envisage ensuite l'effet des pertes d'énergie dans le fer et dans les diélectriques et leur représentation par des résistances et réactances, conductances et susceptances équivalentes (chap. X et XI).

Le chapitre XII est consacré au problème très intéressant de la capacité et de la self-induction

[1] Voir notre article sur un « procédé de couplage des moteurs asynchrones polyphasés ». *Lumière Électrique*, t. LI, p. 28, 1894.

[2] Voici la liste de nos articles sur les travaux de M. Steinmetz relatifs aux applications des imaginaires :

Lumière Electrique : « La méthode de M. Steinmetz pour le calcul des courants alternatifs », t. L, p. 451 et 544, 1893.

Éclairage Électrique : « Courants alternatifs et quantités complexes », t. VI, p. 216, 1896;

« La loi de l'hystéris », t. VI, p. 337 et 390, 1896;

« La théorie du transformateur général de M. Steinmetz », t. VII, p. 97, 1896;

« Courants oscillants et quantités complexes », t. X, p. 22, 1897;

« A propos de l'application des imaginaires à la résolution des problèmes sur les courants alternatifs », t. XIV, p. 69, 1898.

[1] Voir *La Lumière Électrique* l'article de M. Raveau sur des « Nouvelles applications scientifiques du téléphone », t. XLII, p. 563, 1893.

distribuées ; le traitement de ce problème par les imaginaires simplifie beaucoup les calculs; nous aurons l'occasion de l'exposer prochainement à propos d'une intéressante étude sur la fréquence des décharges des lignes de transmission que M. Steinmetz vient de publier tout récemment [1].

Nous entrons ensuite dans l'étude théorique des appareils à courants alternatifs : transformateurs à courant alternatif, transformateur général (transformateur-moteur) à courant alternatif, moteurs d'induction et génératrices à courant alternatif, étude que nous avons publiée presque en entier dans cette revue.

Bien que l'étude du fonctionnement de deux alternateurs en parallèle soit faite à l'aide des imaginaires (chap. XVII), celle des moteurs synchrones (chap. XVIII) est faite graphiquement d'abord et analytiquement ensuite ; ce chapitre n'est du reste que la reproduction d'un article de l'auteur sur les moteurs synchrones paru en 1895 [2].

La question des moteurs à collecteur (chap. XIX) permet à l'auteur de revenir aux imaginaires, lesquelles sont abandonnées à nouveau pour l'étude du phénomène de la réaction d'induit (chap. XX), celle de l'influence du fer sur les courbes instantanées (chap. XXI) et enfin celle de l'effet des harmoniques supérieures (chap. XXII).

Les huit derniers chapitres sont enfin consacrés à l'étude des systèmes polyphasés, d'abord au point de vue général. puis plus spécialement au cas des systèmes triphasés et à quatre phases.

Les deux appendices se rapportent l'un aux notions du calcul des quantités imaginaires, l'autre à l'application des quantités complexes à l'étude des courants de décharge des condenseurs que l'auteur appelle courants oscillants.

On voit par cette longue analyse que l'ouvrage de M. Steinmetz est, en somme, composé en grande partie d'études détachées de l'auteur; il est donc déjà connu de nos lecteurs en ce qui concerne le principe de l'application des imaginaires à la résolution des problèmes sur les courants alternatifs.

Nous avons déjà dit, et nous le répéterons encore ici, que l'application du calcul des imaginaires sert de trait d'union entre le calcul pur et la méthode graphique; c'est donc aux amateurs des longues théories mathématiques que nous recommandons ce livre, pour leur permettre de simplifier les calculs purement mathématiques et de se convaincre petit à petit de la supériorité des méthodes graphiques.

C.-F. Guilbert.

CHRONIQUE

Sur la puissance maximum des stations génératrices à vapeur. — La tendance actuelle est de créer des stations génératrices très puissantes, et alors qu'il y a seulement quelques années, il semblait préférable, lorsqu'une grande puissance était nécessaire, d'ériger plusieurs stations distinctes d'une puissance maximum de 3000 à 5000 chevaux, plutôt qu'une seule, on construit souvent aujourd'hui des stations de 8000, 10000 et même 12000 chevaux.

On peut se demander si cette pratique est économique, car s'il est certain que le prix de production de limite de puissance diminue d'abord quand la puissance engendrée augmente, il n'est pas évident que cette loi se maintient lorsque cette puissance dépasse certaine limite.

Dans son numéro du 13 août, *The Electrical World* examine cette question. Les diverses économies, quelquefois minimes, qui résultent de l'augmentation de la puissance des stations génératrices sont successivement prises en considération, et la conclusion est que, en général, la construction et l'exploitation d'une usine de très grande puissance sont plus économiques que celles de deux usines de puissance moitié moindre.

Pour la chaufferie, l'économie résultant d'une augmentation de puissance semble, a priori, devoir être assez faible, car c'est le nombre des générateurs qui augmentera, la capacité de chacun d'eux restant la même à partir d'une certaine limite. Néanmoins, il sera possible de réaliser dans l'exploitation une série d'économies d'importance relativement minime, mais dont la somme est considérable. La main-d'œuvre peut être en effet réduite par l'emploi de convoyeurs pour le charbon et les escarbilles, de chargeurs mécaniques ; la consommation de

[1] *Electrical World* du 27 août 1898.

[2] Voir *Elektrotechnische Zeitschrift*, nos 2 et 3, 1895.

charbon diminuée par l'emploi d'économiseurs, etc., dont l'installation serait relativement trop coûteuse dans une usine de faible puissance. D'autre part, les machines auxiliaires actionnant les pompes d'alimentation consomment, comme on le sait, une énorme quantité de vapeur; la puissance des pompes d'alimentation croissant avec la puissance totale de l'usine, les pompes d'une grande usine pourront être actionnées par une machine à triple expansion procurant une économie sensible par kilogramme de vapeur produite par les chaudières.

Dans la salle des machines, le nombre des groupes de moteurs et de générateurs électriques sera aussi à peu près proportionnel à la puissance totale de l'usine, à partir d'une certaine limite. Les frais d'installation croîtront donc à peu près proportionnellement à la puissance. Mais là encore les frais d'exploitation ne suivront pas cette loi de proportionnalité. La main-d'œuvre se trouvera réduite du fait qu'un mécanicien pourra surveiller plusieurs moteurs; la dépense d'huile pourra être diminuée par l'emploi du graissage par circulation continue; les réparations seront rendues plus commodes, et par conséquent, moins onéreuses, par l'usage d'un pont roulant et d'autres engins dont l'installation ne saurait trouver place dans les petites usines.

Une grande usine possède également sur une petite usine l'avantage de mieux utiliser son matériel. Sur les réseaux d'éclairage ou de traction étendus, le maximum de la charge des diverses portions du réseau ne se produit pas au même instant; par suite il se produit une sorte de compensation qui augmente le facteur de charge pour une même puissance maximum et diminue par conséquent le prix de revient de l'unité d'énergie.

D'un autre côté, une usine de grande puissance suppose implicitement l'usage d'un réseau de distribution à courants alternatifs à haute tension, car généralement la puissance consommée n'est grande que si la surface desservie est elle-même considérable, et par suite les pertes en ligne prendraient une importance conduisant à préférer la construction de deux ou plusieurs usines, si ces pertes n'étaient réduites à leur minimum par l'emploi de hautes tensions. Si l'on veut qu'une distribution à courants alternatifs présente les mêmes conditions de sécurité qu'une distribution à courant continu, une batterie d'accumulateurs devient nécessaire pour parer à un accident des générateurs. Or l'emploi d'une batterie d'accumulateurs suppose l'usage de transformateurs tournants dont l'installation ne serait pas justifiée dans les petites usines, par suite de l'augmentation relativement importante des frais d'établissement qui en résulterait.

Pour toutes ces raisons, notre confrère estime que la pratique ancienne consistant à diviser un réseau de distribution en sous-réseaux alimentés par des usines distinctes, doit être définitivement abandonnée et que la tendance actuelle à augmenter la puissance des usines génératrices et l'importance du réseau qu'elles alimentent ne peut manquer de se développer rapidement.

Gazogène à gaz de bois, système Riché. — Dans les scieries et autres usines où l'on travaille le bois, on est souvent embarrassé par l'accumulation des sciures, copeaux et déchets. Ces résidus sont, il est vrai, utilisés pour le chauffage des générateurs de vapeur fournissant à l'usine la force motrice nécessaire, mais, outre la difficulté de régler les foyers ainsi alimentés, cette utilisation n'est que partielle. La solution indiquée par M. H. Riché, ingénieur des arts et manufactures et répétiteur à l'École centrale, est certainement préférable; non seulement elle fournit un gaz propre à la production de la force motrice, mais encore capable de fournir l'éclairage de l'usine, et en outre elle donne un excellent charbon de bois.

Le procédé est d'ailleurs des plus simples : les résidus portés à une haute température donnent, par distillation, un gaz formé d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'anhydride carbonique, de divers hydrocarbures gazeux et renfermant une forte proportion de vapeurs d'huiles goudronneuses, d'acides pyroligneux, d'alcools et d'eau; ces gaz et vapeurs passent ensuite sur du charbon de bois porté à une température encore plus élevée et fournissent un mélange gazeux ne renfermant guère que de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone, du méthane et de l'anhydride carbonique. Le point caractéristique du procédé consiste dans cette purification des gaz provenant de la distillation par leur passage sur du charbon de bois très fortement chauffé.

Les deux opérations, distillation et purification, s'effectuent dans le même appareil. La cornue se compose d'un cylindre vertical en fonte, terminé inférieurement par un cône très allongé; l'ensemble a trois ou quatre mètres de hauteur et est placé dans une gaine en maçonnerie réfractaire; la partie supérieure du cylindre est hermétiquement fermée par un couvercle de fonte; la partie inférieure du

cône est en communication avec une chambre en fonte de petites dimensions où se rassemblent en grande partie les poussières entraînées par le gaz; un tuyau partant de cette chambre conduit celui-ci dans un réservoir étanche à demi rempli d'eau, enfin une canalisation relie ce laveur à un gazomètre. Le chauffage du cylindre et du cône s'effectue au moyen d'un combustible de faible valeur : fines de houille, de coke ou même déchets de bois. La construction du foyer permet de mettre une couche assez épaisse de combustible (20 à 30 cm) de manière à constituer un petit gazomètre Siemens. Les gaz qui se dégagent sont brûlés au-dessus de la couche de combustible par l'air admis à travers des ouvertures à papillon, ménagées dans les portes du foyer; les produits de la combustion sont dirigés par un carneau vers la partie inférieure de la gaine de maçonnerie entourant la cornue.

Suivant la quantité de gaz qui est nécessaire, on accole un nombre plus ou moins grand de ces éléments dans un même massif de maçonnerie.

Pour la mise en charge, on commence par remplir complètement la partie tronconique des cornues de charbon de bois commercial et on active le foyer de manière à porter la cornue au rouge cerise. On enlève alors le couvercle du cylindre, on introduit la charge de bois et on referme hermétiquement la cornue, de manière à ce que les produits de la distillation se trouvent forcés de traverser la colonne de charbon.

Au bout de 40 à 50 minutes, la distillation est terminée et l'on introduit une nouvelle charge; s'il y a lieu, on fait tomber par une ouverture latérale située à la partie inférieure de la cornue une certaine quantité de charbon de bois que l'on reçoit dans un étouffoir.

Chaque élément de cornue distille en une heure 12 kg de bois et fournit 2,500 kg de charbon et 10 m³ de gaz. D'après une analyse de M. Chavanon, ingénieur-chimiste aux glaceries de Saint-Gobain, ce gaz est formé de 44,2 d'hydrogène, 22 d'oxyde de carbone, 12,47 de méthane et 21,33 d'anhydride carbonique pour 100 parties de gaz.

Une installation assez importante a été faite, il y quelques mois, à la Scierie française de Calais par la Compagnie du gaz Riché, de concert avec la Société générale des industries économiques (moteurs à gaz Charon). Cette installation comprend : un gazomètre à quatre gaines verticales contenant chacune quatre cornues, un gazomètre de 100 m³ et un moteur Charon de 50 chevaux. Des huit cornues, six seulement fonctionnent, les deux autres servant de réserve; la production moyenne de cette batterie est de 50 m³ de gaz par heure. Actuellement la Compagnie du gaz Riché construit un gazogène de 200 m³ à l'heure pour la production de la force motrice dans l'usine du boulevard Serrurier, à Paris, que fait établir la Compagnie des émeris et produits à polir.

Le prix de revient de la puissance motrice ainsi produite est des plus faibles. Il résulte en effet d'un procès-verbal, rédigé à la suite d'essais industriels faits à la Scierie française de Calais, que 1 362 kg de déchets de bois sans valeur, distillés avec une dépense de 550 kg de fines de houille ont produit 208,5 kg d'excellent charbon de bois et une quantité de gaz suffisante pour actionner, pendant 20 heures, le moteur Charon, qui développait 55,25 chevaux mesurés au frein.

Il résulte de ces chiffres que la consommation de houille n'est que de 500 gr environ par cheval-heure. En comptant l'amortissement, la main-d'œuvre, et même en supposant que le bois distillé ait une valeur commerciale, le prix du cheval-heure ne serait donc certainement pas supérieur à 0,02 fr.

Le nombre des téléphones en service. —*Electrical Engineering*, de Chicago, publiait récemment les résultats d'un recensement qu'il a entrepris et relatif au nombre des téléphones en service dans les divers pays à la fin de l'année 1898. Ces résultats sont indiqués dans la première colonne du tableau ci-joint; la seconde colonne donne les chiffres relevés dans les publications officielles et qui se rapportent au mois de janvier 1898; les troisième et quatrième colonnes donnent quelques chiffres permettant de se rendre compte du développement considérable qu'ont pris les services téléphoniques dans ces dernières années.

Notre confrère américain fait observer que les chiffres qu'il a rassemblés d'après de nombreuses publications techniques, ne peuvent être considérés que comme approximatifs; néanmoins il pense qu'ils sont plutôt inférieurs que supérieurs aux chiffres exacts des téléphones en service.

On voit par ces chiffres que c'est aux Etats-Unis que les appareils téléphoniques sont de beaucoup les plus nombreux. C'est également dans cette contrée que le nombre de conversations par appareil est le plus élevé; ainsi à San Francisco, qui compte 400 000 habitants et 15 000 appareils téléphoniques,

le nombre des conversations par jour et par abonné est en moyenne égal à 20.

PAYS	1898	JANVIER 1898	SEPTEMBRE 1886	1882
Angola, Province. .	200			
Autriche	20 000	18 950	3 032	
Australie (sud) . . .	1 400			
Australie (ouest) . .	1 400			
Bavière.	15 000			
Belgique	11 000	9 400	3 365	2 156
Indes anglaises. . .	2 000			
Bulgarie	300	243		
Cap	600			
Cochinchine	200			
Cuba	2 500			
Danemark.	15 000		1 370	
Angleterre	116 000		15 114	
Finlande	6 000			
France.	35 000	31 681	7 175	4 870
Allemagne	140 000	131 577		2 322
Grèce				
Hollande.	12 000	7 900	2 493	1 100
Hongrie	10 000	8 458		
Irlande.	20 000			
Italie.	14 000	11 815	8 346	2 902
Japon	7 000			
Luxembourg	2 000	1 356		
Nouv. Galles du Sud	8 000			
Nouvelle-Zélande. .	7 000			
Norvège	21 000			
Portugal.	2 000			350
Roumanie	400	337		
Russie	18 000	16 050	5 280	900
Ecosse	35 000			
Sénégal	100			
Espagne	12 000	10 810		594
Suède	62 000	42 354	5 705	1 000
Suisse	30 000	23 446	4 900	1 200
Tasmanie	1 000			
Tunis	300			
Turquie.				
États-Unis.	700 000			
Victoria	6 600			
Wurtemberg. . . .	7 000			

Préparation au four électrique du siliciure de tungstène. — Dans une note présentée à la séance du 5 septembre de l'Académie des sciences (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 393), M. E. Vigouroux indique la préparation, les propriétés et la composition d'une combinaison du tungstène et du silicium, combinaison déjà signalée antérieurement par M. Moissan (*Écl. Élect.*, t. VIII, p. 182).

Pour l'obtenir, M. Vigouroux a chauffé au four électrique un mélange de silicium et d'oxyde de tungstène, préparé en calcinant le tungstate d'ammonium, dans les proportions de 100 gr de silicium pour 230 gr d'oxyde de tungstène. Il s'est formé un culot blanchâtre, lourd, cassant, d'aspect franchement métallique et de structure nettement cristalline, empâtant quelques cristaux verdâtres de siliciure de carbone. Pour isoler le siliciure de tungstène, on suspendait le culot au sein d'une solution d'acide chlorhydrique au 1/10, on le reliait au pôle positif d'une pile de deux ou trois éléments, le pôle négatif de cette dernière étant en communication avec une tige de charbon plongeant dans le même liquide. Le métal était ainsi dissous, tandis que le siliciure restait à peu près intact; les cristaux de ce dernier corps tombaient au fond du récipient. On lavait ceux-ci successivement à l'eau régale et à l'ammoniaque qui entraînaient les dernières traces de tungstène libre, puis à l'acide fluorhydrique qui dissolvait la silice, et enfin on traitait par l'iodure de méthylène pour séparer, par suite de leurs densités différentes, le siliciure de tungstène du siliciure de carbone, lequel est plus léger que le précédent.

Le siliciure de tungstène ainsi obtenu se présente sous forme de lames cristallines à aspect métallique, de couleur gris d'acier; sa densité est 10,9. Il est attaqué avec une vive incandescence par le chlore entre 200 et 300°, sans incandescence et à des températures plus élevées par le brome et l'iode. L'oxygène pur et sec le brûle, vers 500°, avec incandescence; l'air sec l'oxyde, avant le rouge, sans incandescence. L'azote n'agit à aucune température.

Les acides n'ont pas d'action; l'eau régale, même à chaud, n'a pas d'effet appréciable. Il n'y a que le mélange d'acide azotique et d'acide fluorhydrique qui fournisse une action violente, même à froid, avec dégagement de vapeurs rutilantes.

Les alcalis en solution l'attaquent faiblement; quand il sont fondus, leur action est très vive. Les carbonates alcalins fondus donnent naissance à des silicatungstates alcalins avec incandescence. L'azotate de potassium produit une action moins vive.

Pour faire l'analyse, le siliciure a été attaqué par le chlore; le chlorure de silicium a été transformé en silice qui a été pesée; le chlorure de tungstène, traité par l'acide azotique, a donné de l'acide tungstique qui a été pesé après calcination. Cette analyse a conduit à la formule Si^3Tu^2.

L'auteur pense qu'il existe un autre siliciure de tungstène.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 15 Octobre 1898 6e Année. — N° 42.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

ÉTUDE DES MOTEURS A COURANTS POLYPHASÉS(1)

V. — Champs tournants multipolaires pratiques. Dispersion magnétique ou perte de flux, calcul des réductances, des flux et des coefficients d'induction. Exemple pratique.

La figure 11 du précédent article, reproduite ici, représente un flux simple d'un champ double de moteur polyphasé. On y voit que la portion *aob* du flux circule dans le fer compris entre les enroulements et dans l'entrefer sans atteindre le bobinage d'induit proprement dit. Les portions *ac* et *bd* forment le flux utile. Nous nous proposons de déterminer la fraction *aob* du flux qui échappe à l'induit et que l'on appelle la *perte* de flux ou encore la *dispersion* du flux, dispersion due au refoulement des lignes de force produit par la force contre-magnétomotrice de l'induit.

Nous dirons d'abord un mot des méthodes employées pour tenir compte de ces pertes de flux.

1° *Méthode de Kapp.* — M. Kapp a proposé un système de calcul de l'influence des pertes de flux que l'on a appliqué d'abord aux transformateurs. Il consiste à considérer : 1° un *flux résultant* Φ passant dans l'inducteur et dans l'induit et dû à la force magnétomotrice résultante de celles des deux enroulements; 2° un *flux local* φ_1 produit par l'inducteur

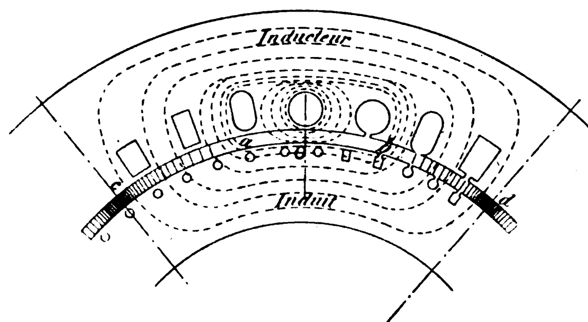


Fig. 11. — Détail des moteurs à champs tournants multipolaires pratiques.

entre les deux enroulements et se fermant à l'extérieur de l'enroulement inducteur; 3° un flux local φ_2 dû à l'induit, passant entre les deux enroulements et à l'intérieur des bobines induites.

Les deux derniers flux étant naturellement en phase avec les courants inducteurs et induits, on en tient compte en les assimilant à deux self-inductions spéciales dites de dis-

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 437, 10 septembre 1898.

persion et en introduisant dans les calculs deux forces électromotrices correspondantes.

Or, le flux Φ, provoqué par la force magnétomotrice résultante, de même sens que celle de l'inducteur, mais décalée sur le courant correspondant, est le seul qui puisse exister dans l'induit. La force contre-magnétomotrice de l'induit ne peut pas produire un flux φ_2 intérieur à l'enroulement et de sens contraire à Φ. Le flux φ_1, qui est en quelque sorte une dérivation du flux Φ inducteur, existe seul entre les deux enroulements et il se réunit à l'extérieur au flux Φ de même sens pour circuler dans la carcasse inductrice comme l'indique la figure 11. La force contre-magnétomotrice de l'induit et la force magnétomotrice effective ΦR dans l'induit augmentent ce flux de perte, mais ne produisent pas de flux φ_2. Les forces magnétomotrices ci-dessus décalent le flux φ_1 par rapport à la force magnétomotrice inductrice de I_1.

Nous établirons nos formules en ayant égard seulement aux deux flux Φ et φ_1, parce qu'il est plus facile et surtout plus exact de procéder ainsi.

2° *Méthode de Blondel.* — M. Blondel a recours aux coefficients V_1 et V_2 d'Hopkinson des deux circuits magnétiques des flux fictifs inducteur et induit. En réalité, les flux et les coefficients n'existent pas. Comme nous venons de le voir il n'y a qu'un seul flux, produit par deux forces magnétomotrices composantes dans un circuit magnétique principal et un seul flux de perte dans un circuit secondaire, qui donne lieu à un seul coefficient V d'Hopkinson. Nous croyons simplifier notre étude en ayant égard seulement à ces deux derniers facteurs.

3° *Méthode que nous allons employer.* — Nous en considérerons successivement les divers points.

a) Introduction. — Les lettres A, B et E de la figure 19 représentent les encoches et l'entrefer du moteur.

Admettons que les courants soient sensiblement opposés en phase, comme au démarrage. Les forces magnétomotrices sont F_1 et F_2. A la périphérie externe *x* ou *y* des enroulements, elles sont nulles et $+ F_1$ et $- F_2$ à la périphérie interne. Les diagrammes

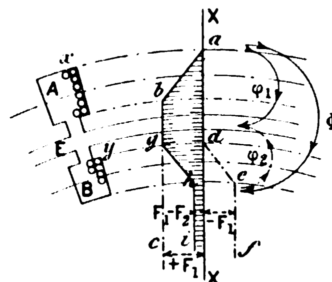


Fig. 19. — Diagramme de la force magnétomotrice résultante dans l'induit, l'entrefer et les encoches d'un moteur à courants polyphasés.

individuels de ces forces magnétomotrices composantes sont *abc* et *def*, et le diagramme (hachuré) de la force magnétomotrice résultante est *abghi*.

La force magnétomotrice utile $F_1 - F_2$ en *hi* est faible et la force magnétomotrice *bg* du flux de perte est très grande, elle vaut la force magnétomotrice entière de l'inducteur. Depuis l'intérieur de l'induit jusqu'à l'extérieur de l'inducteur la force magnétomotrice ne change pas de sens et il en est de même du flux : le flux local φ_2 qui serait dû au secondaire ne peut donc se former.

En *abgd*, la phase du flux de perte est celle de la force magnétomotrice de l'inducteur et en *dgh* c'est celle qui résulte de la composition des forces magnétomotrices inductrices et induites, mais, vu la faible importance relative de ce dernier espace, nous admettons que la phase du flux de perte dans l'ensemble *abghi* est celle des courants de l'inducteur.

La connaissance de la force magnétomotrice et celle de la réluctance dans l'espace AEB permettront évidemment de déterminer le seul flux de perte φ_1. Le problème à résoudre est aussi simple que celui du circuit magnétique principal et du flux Φ.

b) Longueur fictive du circuit magnétique des pertes dans l'entrefer. — Fixons d'abord

la longueur *aob* (fig. 11) du circuit de perte et la valeur de la force magnétomotrice effective de perte à considérer.

1° *Moteurs à courants diphasés.* — La figure 14 indique que, dans un cas, la force magnétomotrice maximum $\frac{1}{2} 4\pi \frac{N'}{2} I$, qui est aussi la force magnétomotrice provoquant la perte, est distribuée sur la longueur BC,

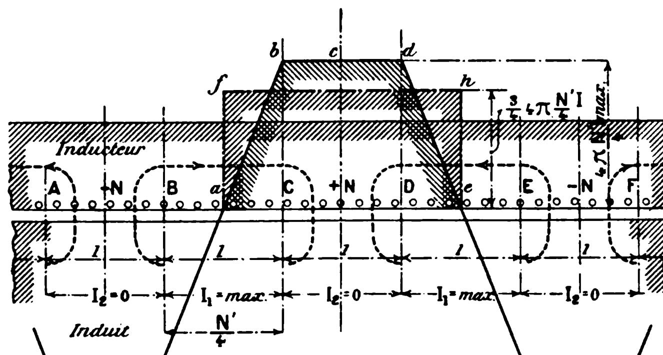


Fig. 14. — Sommation des forces magnétomotrices des faisceaux de fils d'un moteur pratique à courants diphasés, les deux courants étant maximum et nul.

égale à la demi-longueur d'un flux. La longueur *aob* est donc ici égale approximativement à 0,5 *cd*.

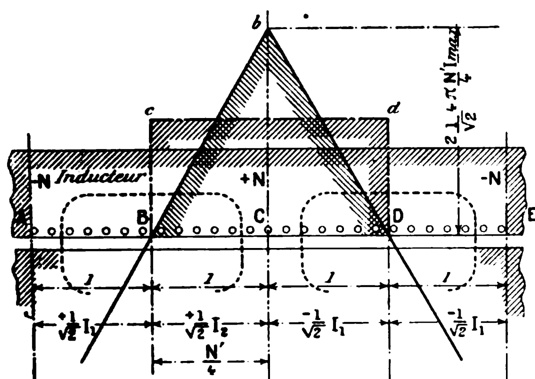


Fig. 15. — Sommation des forces magnétomotrices des faisceaux de fils d'un moteur à courants diphasés, les deux courants valant I sin 45°.

La figure 15 montre qu'à un autre moment la force magnétomotrice maximum $\frac{\sqrt{2}}{2} 4\pi \frac{N'}{2} I$ est distribuée sur toute la longueur d'un flux.

La force magnétomotrice moyenne le long de l'entrefer étant $0{,}364\ 4\pi \frac{N'}{2} I$ et la réluctance étant proportionnelle à la longueur du circuit magnétique, on peut admettre que, dans les cas précédents, la force magnétomotrice longitudinale qui provoque le flux de perte est la force magnétomotrice moyenne, et la longueur du circuit :

$$0{,}5\ cd \times \frac{0{,}364}{0{,}5} = 0{,}364\ cd.$$

dans la première hypothèse et

$$\frac{1 \times 0{,}364}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0{,}514\ cd$$

dans la seconde.

La longueur moyenne à considérer est donc 0,44 *cd* pour conserver dans les calculs la force magnétomotrice moyenne connue.

2° *Moteurs à courants triphasés.* — Les mêmes calculs que ceux ci-dessus donnent pour longueur des flux de perte :

$$\frac{2}{3} \times \frac{0{,}387}{\frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{2}{3} \times \frac{0{,}387 \times 3}{\sqrt{3}} = 0{,}447\ cd$$

et

$$\frac{1 \times 0{,}387}{\frac{2}{3}} = \frac{0{,}387 \times 3}{2} = 0{,}58\ cd\,;$$

en moyenne, 0,514 *cd*.

3° *Moteurs multiphasés. — Cas général.* —

Les mêmes calculs que ceux ci-dessus conduisent au résultat suivant :

$$\frac{1 \times 0{,}405}{\frac{2}{\pi}} = 0{,}637\, cd.$$

On voit par ces résultats que les polyphasés sont plus avantageux que les triphasés et ceux-ci plus que les diphasés.

c) Réluctance du circuit magnétique utile et du circuit des pertes de flux. — Nous avons évalué ci-dessus la force magnétomotrice moyenne qui crée le flux utile dans l'entrefer, et nous avons supposé que le flux s'étendait sur toute la longueur de ce dernier. En nous servant de la même force magnétomotrice, nous avons calculé la longueur fictive du circuit *a o b* (fig. 11) des pertes à considérer.

En réalité, là où les pertes existent dans l'entrefer, le flux utile est nul et il y a une région occupée par chaque flux à l'exclusion de l'autre.

A circuit ouvert, le point de séparation est près de la ligne neutre (fig. 11). En marche normale, il s'en écarte, parce que les courants dépassent déjà de beaucoup le courant magnétisant, c'est-à-dire le courant inducteur qui, existant seul, donnerait le flux actuel. En effet, les courants inducteurs et induits donnent la force magnétisante résultante *du flux utile* Φ *par leur différence* (fig. 19), ou, plus exactement, par leur composition géométrique, tandis que les pertes sont produites par les courants inducteurs seuls. On comprend qu'au démarrage, quand les courants inducteurs et induits sont sensiblement opposés en phase, la différence entre les forces magnétomotrices utiles et des pertes devient maximum.

La détermination exacte de ce point de séparation des flux Φ et φ_1 est très difficile. Elle conduirait à une solution permettant d'isoler exactement les deux circuits magnétiques, auxquels il faudrait alors appliquer des forces magnétomotrices exactes et non des moyennes. On arrive approximativement au même résultat en considérant la production isolée des deux flux par la force magnétomotrice moyenne. Pour le flux utile, on étend ainsi la section en diminuant la réluctance, mais la considération de la force magnétomotrice moyenne compense la différence. Pour le flux de perte, on compte sur une étendue *a o b* trop grande ou trop petite, mais on considère une force magnétomotrice qui lui est proportionnelle et le rapport ou le flux reste invariable.

1° Premier exemple. — Moteurs a encoches ouvertes

Soit un moteur hexapolaire dont le dessin de l'un des flux (demi-champ) est représenté par la figure 20. Les deux flux y sont figurés dans les conditions conventionnelles que nous venons de voir. Le flux principal est UV et le flux des pertes W.

Réluctance du circuit principal. — Ne comptons que la partie fer et l'entrefer.

Les retours U et V, les cloisons entre les encoches de l'inducteur et de l'induit ont même section, ce qui simplifie le calcul ; la réluctance des parties fer aux faibles inductions de 5 500 environ étant peu importante, nous supposons que les bords qui ferment les encoches et qui ont 2 et 4 mm d'épaisseur ont même section utile que les cloisons ; l'épaisseur commune de l'inducteur et de l'induit est de 220 mm dont 186 de fer; les sections utiles sont indiquées sur la figure ; quant à l'entrefer, sa longueur est de 16 cm, l'épaisseur d'un flux 8 cm et la largeur 22 cm.

Evaluons la réluctance du flux et divisons par deux pour avoir celle des deux flux partiels qui donnent un champ.

Auparavant, il y a à fixer l'induction magnétique en déterminant le flux total à produire. Nous pourrons y arriver si nous avons calculé tous les éléments du moteur.

Admettons que le moteur est alimenté par des courants triphasés sous 200 volts effi-

caces aux bornes, que le coupl·ge est en étoile, que ω_1, ou la vitesse angulaire des courants, est $2\pi n$ ($n = 50 =$ fréquence) ou $2 \times 314 \times 50 = 314$, que le nombre de fils périphériques est 432 sur l'inducteur et que le nombre m_1 de phases est 3. Nous verrons

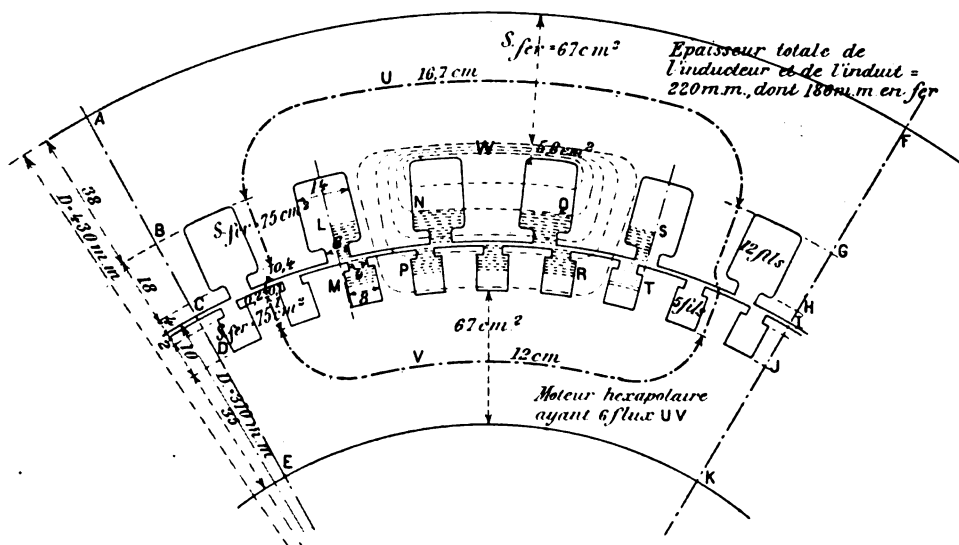


Fig. 20. — Circuits magnétiques des flux utiles et des pertes d'un moteur hexapolaire à encoches ouvertes.

un peu plus tard, qu'au synchronisme on a pour voltage d'une phase $\frac{200}{\sqrt{3}} = 115{,}5$ volts et qu'on peut poser approximativement

$$115{,}5 = \frac{k}{\sqrt{2}}\,\omega_1\,\Phi\,\frac{N_1}{2\,m_1} \times 10^{-8}$$

(k valant 0,966 pour 12 encoches par champ double) :

$$\Phi = \frac{115{,}5 \times 10^8 \sqrt{2} \times 2 \times 3}{0{,}966 \times 314 \times 432} = 745\,000.$$

L'induction $\mathfrak{B}$ est ainsi approximativement dans les retours U et V, de

$$\mathfrak{B} = \frac{745\,000}{2 \times (67 + 5{,}8)} = 5\,100.$$

La perméabilité correspondante est forte. Elle s'élève à 2 350.

Le flux au démarrage est beaucoup moindre qu'en charge.

Il est tel que l'on a :

$$E_2 = R_2\,\frac{I_2}{\sqrt{2}} = \frac{k_2}{\sqrt{2}}\,\omega_1\,\Phi\,\frac{N_2}{2\,m_2} \times 10^{-8}$$

R_2 **est la** résistance d'une phase induite, N_2 ($N_2 = 270$) le nombre total de fils de l'induit et m_2 le nombre de phases.

R_2 doit être prise à chaud, à 80° par exemple.

R_2 à froid $= 0{,}14$ ohm,
à 80° $R_2 = 0{,}182$ ohm.

La section du fil de l'induit est de 4,9 mm² ($d = 2{,}5$ mm) et le courant $\frac{I_2}{\sqrt{2}}$ de 35 ampères si l'on tolère une densité de 7 ampères par mm².

$$R_2\,\frac{I_2}{\sqrt{2}} = 0{,}182 \times 35 = \frac{0{,}966}{\sqrt{2}}\,314\,\Phi\,\frac{270}{2 \times 3}\,10^{-8}$$

$$\Phi = \frac{0{,}182 \times 35 \times 10^8 \sqrt{2} \times 2 \times 3}{0{,}966 \times 314 \times 270} = 66\,000.$$

L'induction au démarrage est donc approximativement :

$$\text{inducteur,}\quad \frac{66\,000}{2\,(67 + 5{,}8)} = 450 \text{ environ,}$$

$$\text{induit.}\quad \frac{66\,000}{2 \times 67} = 500.$$

La perméabilité est alors de 600, soit quatre fois moindre qu'en marche normale.

La réluctance du flux principal en marche normale est :

$$\mathcal{R}_n = \left(\frac{16,7+12}{2350\times 67}+\frac{3,4\times 2}{2350\times 75}+\frac{0,2}{8\times 22}\right)$$
$$\times \frac{1}{2} = (2,21+11,4)\,10^{-4}\times\frac{1}{2} = 6,8\times 10^{-4}.$$

Au démarrage, $2,21 \times 10^{-4}$ devient $8,84 \times 10^{-4}$.

$$\mathcal{R}_d = (8,84+11,4)\,\frac{1}{2}\,10^{-4} = 10,12\times 10^{-4}$$
$$\frac{\mathcal{R}d}{\mathcal{R}n} = 1,49.$$

Réluctance du circuit des pertes. — Ne considérons que les espaces d'air compris sur 0,514 du développement, soit à peu près les espaces situés entre LM et ST.

Devons-nous considérer la profondeur entière des encoches ? Non, évidemment.

Pour les encoches inductrices, remarquons, d'après la figure 19, que la force magnétomotrice y varie de o à un maximum ; que, partant, tout se passe comme si la force magnétomotrice y était constante et maximum, mais leur profondeur réduite de moitié. Enfin, les différentes lignes de force y coupant un nombre de spires variant aussi de o à un maximum, il faut de nouveau réduire de moitié la nouvelle profondeur des encoches si l'on veut conserver le nombre total des spires dans les calculs. En résumé, la force magnétomotrice et le nombre de spires coupées par le flux perdu variant de o à des maxima, on peut compter sur ces maxima mais quadrupler la réluctance en la réduisant fictivement au quart de la profondeur des encoches.

Pour les encoches induites, la force magnétomotrice y variant comme ci-dessus, il faut réduire leur profondeur de moitié. La conductance des encoches, de leurs ouvertures et de l'entrefer est ainsi :

$$\frac{11}{4,2}+\frac{8,8}{1,8}+\frac{2,2}{8}+\frac{4,4}{2,5}+\frac{8,8}{4} = 11,8, \text{ soit } 12.$$

A circuit induit ouvert, il y a tendance à perte de flux entre les régions BCW et WGI des faces latérales, dont la conductance est d'environ :

$$\frac{2\times \text{GI ou BC}}{\pi}\, l_n\, \frac{r_1}{r_2} = \frac{2,2}{3,14}\, l\, \frac{8}{1} = 2,9.$$

Mais cette perte ne se produit pas, ou peu, parce que dans le même espace, les paquets de fils de liaison produisent un flux qui se ferme par le fer de la machine (l'enveloppe de l'inducteur).

En négligeant la partie de fer de ce nouveau circuit de perte, nous trouvons pour sa conductance :

$$\frac{S}{l} = \frac{7\times 16}{7} = 16,$$

par côté et 32 pour les deux côtés ou faces de l'inducteur.

La conductance totale des circuits de pertes est donc de :

$$12+32 = 44$$

par flux, ou de :

$$C = 44\times 2 = 88,$$

par champ.

A circuit induit fermé, et particulièrement au démarrage, la force magnétomotrice de l'enroulement de l'induit maintient la force magnétomotrice constante et maximum dans l'espace compris entre les deux bobinages. Nous admettrons qu'à circuit induit ouvert la force magnétomotrice effective dans le même espace varie d'un maximum, près des fils inducteurs, à zéro, et, pour ne compter que sur la valeur maximum dans les calculs, que la conductance 32 diminue de moitié.

La *conductance totale* aux pertes de flux, à circuit induit ouvert, est ainsi :

$$(12+16)\times 2 = 56.$$

Les réluctances à circuits induits ouverts et fermés sont ainsi :

$$\mathcal{R}_p = \frac{1}{56} \text{ et } \frac{1}{88} = 1,79 \text{ et } 1,14\times 10^{-2}.$$

2° Deuxième exemple. — Moteur a encoches fermées.

Le détail des encoches est donné par la figure 21.

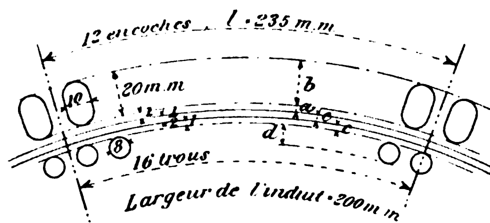


Fig. 21. — Détail d'un moteur à encoches fermées.

a. CIRCUIT PRINCIPAL. — Pour évaluer la réluctance du circuit principal, on opère comme ci-dessus.

b. CIRCUIT DES PERTES. — 1° *Entrefer.* — La longueur d'un entrefer est al, a étant le coefficient que nous avons déterminé, et sa largeur L, soit 200 mm, est celle de l'induit.

Sa réluctance est :

$$r_e = \frac{al}{eL}.$$

Et la conductance :

$$C_e = \frac{1}{r_e} = \frac{eL}{al}.$$

2° *Voile en fer entre les encoches et l'entrefer.*

Epaisseur : $a + c$. On se donne l'induction spécifique, d'où la perméabilité μ', que l'on corrige plus tard après un essai de calcul du flux de perte basé sur la connaissance des forces magnétomotrices en cause et le coefficient k qui donne le rapport de la section fer à la section totale

$$r' = \frac{al}{(a+c)\,kL\mu'}.$$

$$C' = \frac{1}{r'} = \frac{(a+c)\,kL\mu'}{al}.$$

3° *Encoches de l'inducteur.* — Comme nous l'avons déjà constaté, on peut considérer que la force magnétomotrice est uniforme et réduire au quart la profondeur b des encoches, ce quart est ici de 5 mm.

L'épaisseur moyenne d'air dans ce quart inférieur demi-circulaire est :

$$12 \times a \times 1{,}0 \times \frac{2}{\pi} = 7{,}65\, a \text{ cm}.$$

L'épaisseur de fer : $(23{,}5 - 7{,}65)\, a$ cm.

La réluctance et la conductance totales, en choisissant μ'' par tâtonnements, sont ainsi :

$$r'' = \frac{7{,}65\, a}{0{,}5\, L} + \frac{(23{,}5 - 7{,}65)\, a}{0{,}5\, kL\mu''}$$

$$C'' = \frac{1}{r''}$$

ou approximativement :

$$r'' = \frac{7{,}65\, a}{0{,}5\, L}$$

$$C'' = \frac{1}{r''} = \frac{0{,}5\, L}{7{,}65\, a}.$$

4° *Encoches de l'induit.* — Tout le flux qui coupe les encoches de l'induit traverse l'inducteur. La force magnétomotrice de perte dans l'épaisseur de l'enroulement induit variant sensiblement de zéro à un maximum, il faut compter seulement sur la moitié de l'épaisseur des encoches, ou 0,4 cm.

$$r''' = \frac{16 \times 4 \frac{2}{\pi} \times a}{0{,}4\, L} + \frac{\left(23{,}5 - 4\frac{2}{\pi}\, 16\right)}{0{,}4\, kL\mu'''}$$

$$C''' = \frac{1}{r'''};$$

Approximativement :

$$r''' = \frac{16 \times 4 \frac{2}{\pi}\, a}{0{,}4\, L}$$

$$C''' = \frac{0{,}4\, L}{16 \times 4 \frac{2}{\pi}\, a}.$$

5° La conductance aux *pertes latérales* aux enroulements, par l'enveloppe de la carcasse, se calculerait comme au premier exemple.

6° *Retour du flux de perte par la carcasse de l'inducteur.* — Ce retour est généralement peu résistant et négligeable. On peut en tenir compte en déterminant la perméabilité du métal par un tâtonnement approximatif. Soient r^{IV} et C^{IV} les facteurs de cette partie du circuit.

c. *Remarque.* — Si l'enroulement inducteur était exécuté sous forme d'anneau, le flux inducteur qui se disperse à la périphérie externe de l'inducteur agirait sur le circuit électrique et il faudrait en tenir compte. Dans le cas le plus général de l'enroulement en tambour, cette dispersion ne fait que diminuer la perméabilité du fer de l'inducteur et elle est peu importante. Il faudrait donc en tenir compte à ce dernier point de vue seulement, ce qui est généralement négligeable.

d. *Coefficients d'induction.* — Nous appellerons *coefficients de self-induction d'une phase* de l'inducteur et de l'induit les deux coefficients :

$$L'_1 = \frac{K_1 k_1}{m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathcal{R} 4 p},$$
$$L'_1 = \frac{K_2 k_2}{m_2} \frac{4\pi N^2_2}{\mathcal{R} 4 p};$$

coefficient d'induction mutuelle de l'inducteur par rapport à une phase de l'induit, le facteur

$$M_1 = \frac{K_1 k_2}{m_2} M = \frac{K_1 k_2}{m_2} \frac{4\pi N_1 N_2}{\mathcal{R} 4 p};$$

coefficient de self-induction de dispersion d'une phase de l'inducteur, la valeur

$$l'_1 = \frac{K_1 k_1}{m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathcal{R}_p 4 p}.$$

Ces coefficients deviennent, avec les valeurs R et Rp déterminées, pour le moteur triphasé à 6 pôles et 12 encoches par champ du premier exemple :
en marche normale,

$$L'_1 = 3{,}58 \times 10^{-2} \quad L'_2 = 1{,}4 \times 10^{-2} \quad M_1 = 2{,}23 \times 10^{-2},$$
$$l'_1 = 2{,}15 \times 10^{-3}$$
$$K_1 = K_2 = 0{,}387, \quad k_1 = k_2 = 0{,}966, \quad m_1 = m_2 = 3.$$

au démarrage,

$$L'_1 = 2{,}4 \times 10^{-2} \quad L'_2 = 0{,}94 \times 10^{-2} \quad M_1 = 1{,}5 \times 10^{-2}$$
$$l'_1 = 2{,}15 \times 10^{-3}$$

à circuits induits ouverts,

$$l'_1 = 1{,}37 \times 10^{-3}.$$

Vérifications expérimentales relatives au premier exemple

1° *A circuits induits ouverts et en marche normale* on établit très facilement que, si on alimente les circuits inducteurs du moteur après avoir déconnecté les liaisons des phases de l'induit, le moteur ne tourne pas et fonctionne comme un transformateur *à circuit induit ouvert.* On peut mesurer les courants inducteurs I_1 et les voltages inducteurs et induits

$$E'_1 \text{ et } E_2.$$

E'_1 est sensiblement égal aux forces électromotrices de self-induction et E_2 à la force électromotrice d'induction mutuelle. On a :

$$E'_1 = \omega_1 I_1 (L'_1 + l'_1)$$
$$E_2 = \omega_1 M_1 I_1$$
$$\frac{L'_1}{M_1} = \frac{k_1 m_2}{m_1 k_2} \frac{N_1}{N_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{432}{270} = 1{,}6$$

d'où

$$E'_1 = E_2 \times 1{,}6 + \omega_1 l'_1 I_1$$
$$l'_1 = \frac{E'_1 - E_2 \, 1{,}6}{\omega_1 I_1}.$$

En alimentant le moteur sous 169,5, 191,5, 213 volts efficaces aux bornes de l'étoile, soit 98, 110,5, 123 volts par phase, nous avons trouvé en moyenne

$$l'_1 = 1{,}6 \times 10^{-3}$$

c'est

$$\frac{(1{,}6 - 1{,}37) \times 100}{1{,}37} = 16{,}7 \text{ p. } 100$$

de plus que ce que le calcul a donné.

Dans l'expérience ci-dessus, la force électromotrice de self-induction par phase était de 93,8 105,5, 118 volts ; le courant inducteur 9,8, 11,1, 12,5 ampères efficaces et le coefficient L'_1 de (en moyenne).

$$L'_1 = \frac{E_1}{\omega_1 I_1} = 3{,}33 \times 10^{-2}$$

pour $3{,}58 \times 10^{-2}$ que donne le calcul, ce qui correspond à une différence de 7 p. 100 seulement.

Quant à la force électromotrice au secon-

daire, par phase, elle atteignait 58,7, 66 et 73,5 volts et M'_1 était en moyenne de :

$$M_1 = \frac{E_2}{\omega_1 I_1} = 2,1 \times 10^{-2}$$

pour $2,23 \times 10^{-2}$ que nous avons trouvé, soit 6,2 p. 100 de différence.

2° *Au démarrage*. — Nous avons relevé les résultats suivants :

Excitation de la génératrice	1.1	2,05	3,2 A eff.
Volts aux bornes du moteur à circuits inducteurs ouverts, par phase.	26	49,7	76,2 volts eff.
Courants induct. à circuits fermés.	10.3	18,7	29,2 A eff.
Volts aux bornes à circuits fermés, par phase. . . .	6,95	15,2	24,8 volts eff.

La formule (66) que nous verrons plus tard donne :

$$E^2{}_1 = \left(R_1 I_1 + R_2 I_1 \frac{K_1 k_1 N^2{}_1 m_2}{K_2 k_2 N^2{}_2 m_1}\right)^2 + \omega^2{}_2 l'^2{}_1 I^2{}_1$$

$$\frac{E^2{}_1}{I^2{}_1} = \left(R_1 + R_2 \frac{K_1 k_1 N^2{}_1 m_2}{K_2 k_2 N^2{}_2 m_1}\right)^2 + (\omega_1 l'_1)^2$$

$R_1 = 0,117$ ohm (mesuré) à froid aux bornes, 0,124 environ à chaud.

$R_2 = 0,14$ ohm à froid, 0,18 environ à chaud au démarrage.

$$K_1 = K_2, \frac{k_1}{k_2} = \frac{0,966}{0,960}, \quad \frac{N^2{}_1}{N^2{}_2} = \frac{\overline{432}^2}{\overline{270}^2}, \quad m_2 = m_1,$$

$$\frac{K_1 k_1 N^2{}_1 m_2}{K_2 k_2 N^2{}_2 m_1} = 2,57.$$

Nous trouvons approximativement :

$$45,6 \times 10^{-2} = 0,25 + \omega^2{}_1 l'^2{}_1 \quad l'_1 = 1,45 \times 10^{-3}$$
$$66 \times 10^{-2} = 0,29 + \omega^2{}_1 l'^2{}_1 \quad l'_1 = 1,94 \times 10^{-3}$$
$$72,1 \times 10^{-2} = 0,34 + \omega^2{}_1 l'^2{}_1 \quad l'_1 = 1,97 \times 10^{-3}.$$

Nos prévisions nous avaient fourni le chiffre de :

$$l'_1 = 2,15 \times 10^{-3}.$$

La différence entre le résultat du calcul et ceux de l'expérience est ici assez importante. Le calcul constitue donc une approximation destinée à guider le choix des dimensions, mais il est difficile à réussir parce qu'il faut bien étudier chaque cas particulier de circuit magnétique des pertes. L'accroissement du coefficient l'_1 avec les courants ne peut être dû qu'à la variation de la perméabilité du circuit avec l'extension du flux de perte. Dans notre exemple, $\frac{l'_1}{L'_1}$ varie de $\frac{1}{15,5}$ à $\frac{1}{12}$ au démarrage est de $\frac{1}{20,8}$ à circuits induits ouverts.

VI. — Moteurs a champs tournants avec pôles saillants

On a proposé dans le principe l'emploi de moteurs à champs tournants avec pôles inducteurs saillants dont le type est le moteur Tesla.

Ce dernier moteur, à quatre pôles, est mis en mouvement par deux courants diphasés qui alimentent les circuits des électros.

On peut obtenir de la même façon des moteurs à courants triphasés ou polyphasés, bipolaires ou multipolaires.

Ils présentent ce grave défaut d'être plus volumineux que les moteurs que nous avons étudiés, de donner des flux tournants plus faibles et variables, parce que le circuit magnétique y est plus résistant et est loin d'être symétrique.

Le système à pôles saillants a été le premier type de moteurs à champs tournants essayé. Il est généralement abandonné.

(*A suivre.*)

S. Hanappe.

L'UTILISATION DES CHUTES DE LA KERKA EN DALMATIE (1)

Il nous reste maintenant, après avoir décrit le matériel, à examiner le côté économique de l'entreprise.

Devis d'établissement et frais d'exploitation. — Les dépenses prévues se rapportent à une usine d'une puissance totale de 7 500 chevaux, dont 6 000 sont représentés par quatre groupes de turbines-dynamos de 1 500 chevaux chacune et servant à la charge normale, un cinquième groupe de 1 500 chevaux restant en réserve.

Les prix pour les fouilles, fondations, maçonneries ont été calculés d'après le coût de la main-d'œuvre propre à la localité.

Fouilles relatives au canal, au réservoir, aux conduites et à l'usine, 24 000 m³ environ à 2,50 fr .	60 000 fr.
Revêtement du canal et du réservoir avec du ciment hydraulique, 6 000 m² environ, à 0,625 fr . . .	3 750 »
Edifice de prise à l'embouchure du canal.	6 250 »
Couverture de 60 m de canal, à 100 fr le m	6 000 »
Grille pour retenir les corps flottants, porte et mécanisme de manœuvre	8 750 »
Mur du réservoir avec couronnement en pierre dure	50 000 »
5 portes d'entrée pour les conduites	5 000 »
Murs de soutien pour les conduites, 180 m³ à 25 fr	4 500 »
5 conduites avec accessoires, attaches et joints de dilatation compris	100 000 »
Bâtiment de l'usine, fondations, canal de décharge, clôture et couverture.	187 500 »
Grue électrique à pont de 30 tonneaux	25 000 »
5 turbines à réaction de 1 700 chevaux, avec régulateur automatique et accessoires.	225 000 »
5 joints élastiques Zodel	18 750 »
5 dynamos à courants alternatifs	760 500 »
A reporter.	700 500 »
Report.	700 500 fr.
triphasés de 1 100 kilowatts avec excitatrice accouplée directement	500 000 »
Tableau de distribution, câbles et matériaux d'isolement	30 000 »
Installation des machines, direction et surveillance des travaux, évaluées à 3 p. 100	45 000 »
Petit atelier pour les réparations ordinaires	12 500 »
Imprévu et intérêt du capital pendant la construction	212 000 »
	1 500 000 fr.

Ce qui fait 200 ou 250 fr par cheval-an suivant que l'on considère la puissance totale ou la puissance normale; et par kilowatt-an 270 ou 337 fr.

Pour fixer le coût du kilowatt produit à l'usine, il faut déterminer d'abord les frais d'exploitation ; ceux-ci se divisent en frais fixes, c'est-à-dire indépendants du nombre de kilowatts produits, et en frais variables. Il est entendu que nous ne faisons pas entrer ici en compte les frais des lignes de transmission, réservant cette question pour plus tard.

Comptant l'amortissement, comme il est d'usage pour ce genre d'installation à 1,5 p. 100 pour le bâtiment et les travaux hydrauliques, 2 p. 100 pour les conduites, 5 p. 100 pour les machines et 8 p. 100 pour les appareils, instruments et câbles, on a :

Usine et travaux .	318 000	1,5 p. 100	4 770
Conduites	100 000	2 »	2 000
Machines.	782 500	5 »	39 125
Appareils, etc. . . .	30 000	8 »	2 400
			48 295

Soit en chiffres ronds 50 000 fr.

Les frais d'exploitation s'établissent comme il suit :

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 1er octobre, p. 5, et du 8 octobre, p. 53.

	Fixe.	Variable.
Redevance pour la force hydraulique	75000	15000
Graissage		10000
Nettoyage, usure, etc.		10000
Remplacements et réparat.		20000
Directeur technique et administratif	15000	
Sous-directeur	7500	
3 électriciens et 5 aides	15000	10000
Frais d'administration, comptabilité, impôts	20000	10000
Intérêt à 5 p. 100 sur un capital de 1500000 fr	75000	
Amortissement du capital.	50000	
Imprévu	2500	7500
	260000	82500

Ce qui fait un total de 342 500 fr, et en supposant une production de 4 400 kilowatts, le prix de revient du kilowatt-an est de 75 fr.

La détermination du prix du kilowatt-heure est moins aisée; il faut en effet connaître le nombre de kilowatt-heures qui doit être produit dans l'année, et cette donnée manque. En supposant que l'usine travaille à charge complète 5 000 heures par an, la production annuelle de kilowatt-heures serait de 4 500 × 5 000 = 22 000 000.

Ce qui fait pour prix du kilowatt-heure 0,0156 fr.

Ligne de transmission. — On ne peut établir un projet exact pour la ligne de transmission, car il faudra sans doute porter l'énergie électrique en différents points. La partie principale sera probablement employée à Sebenico, mais il faut prévoir que des industries pourront s'établir à Scardona, à 5 km de l'usine afin de profiter de la présence de l'eau douce.

Aussi, afin d'obtenir un prix moyen pour fixer les idées, nous supposerons que toute la charge doit être transmise à Sebenico (11 km).

Bien entendu la transmission sera aérienne et se fera par fil de cuivre, car l'aluminium coûte encore trop cher.

Dans une ligne, les points faibles sont ceux où les fils reposent sur les poteaux au moyen d'isolateurs.

La pluie forme à la surface de l'isolateur, de son support et du poteau une couche conductrice, et le courant qui peut circuler ainsi

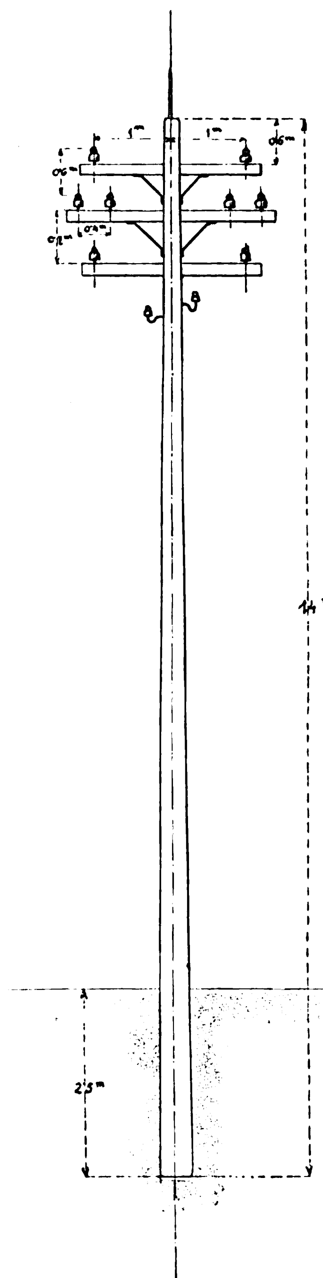


Fig. 20. — Mât de soutien de la ligne de transmission.

est capable de compromettre la solidité. Il convient donc de réduire autant que possible le nombre des points d'attache, mais on ne peut exagérer, à cause de l'instabilité qui en

résulterait. La distance moyenne des supports est fixée par l'expérience entre 30 et 40 m.

Un calcul rapide montre que pour transmettre l'énergie de 4 400 kw en ligne triphasée il faut deux conducteurs de 2 cm^2 de section, ou, avec une ligne double, 6 conducteurs de 1 cm^2. Le dédoublement présente des avantages dans les cas de réparation de la ligne, de plus la charge des poteaux est mieux équilibrée.

Avec une ligne double, et des conducteurs à tresse de 1 cm^2 et du poids de 0,9 kg au mètre, la charge de chaque poteau est 162 kgr sans compter la neige et la glace qui peuvent occasionner une forte surcharge.

Admettons que l'on emploie la même disposition que dans la ligne de Niagara à Buffalo. Les supports sont de solides mâts de sapin (fig. 20) de 14 m, enfoncés à 2,50 m dans le sol, ayant 40 cm de diamètre à la base et 20 au sommet, avec bras en croix renforcés par des tiges d'acier. Les dimensions convenables sont pour ces bras de 12 × 15 cm et pour la tige d'acier 20 cm^2 de section.

Le prix d'un support complet s'établit comme il suit :

Mât de sapin injecté à la base . . .	125	fr
Bras transversaux.	17,50	»
Tiges d'acier.	37,50	»
Isolateurs avec fer porte-isolateur .	45	»
Installation 10 p. 100.	25	»
	250	fr

Sur 11 km il y aura 366 poteaux, 400 en ajoutant 10 p. 100 environ par suite des courbures de la ligne, du passage des routes et du croisement des fils téléphoniques.

Les isolateurs préférables en pratique sont ceux en porcelaine à cloches multiples. Leur valeur ne dépend pas de leur dimension mais de l'état de leur vitrification.

Nous avons admis la valeur de 1 cm^2 pour la section des fils dans le cas d'une distribution à 6 fils. Remarquons que plus la section est grande et plus la perte par transmission est réduite, mais aussi plus le coût de l'établissement est augmenté. Il y a là un juste milieu à tenir, et nous allons déterminer la valeur la plus convenable en nous servant de la méthode indiquée par lord Kelvin.

Le prix qu'il s'agit de rendre minimum comprend celui de la perte en ligne et l'amortissement.

Soient R la résistance totale de la ligne,

I l'intensité du courant à transmettre,

T la durée en heures du fonctionnement à pleine charge correspondant à l'énergie totale transmise dans toute l'année.

L'énergie perdue est

$$RI^2T = L\frac{\alpha}{s}\,I^2T$$

L étant la longueur de la ligne,

α la résistance spécifique,

s la section.

Désignons par p les frais d'exploitation variables par watt-heure produit à l'usine, le travail perdu en ligne coûtera

$$pRI^2T.$$

Soient : B le capital d'établissement de l'usine,

β le taux d'intérêt et l'amortissement de B,

C le capital d'établissement de la ligne,

δ le taux d'intérêt et l'amortissement de C; le prix qu'il s'agit de rendre minimum est

$$\Pi = pRI^2T + \beta B + \delta C.$$

Le capital d'établissement de l'usine peut s'exprimer par

$$B = m\,(EI + RI^2)$$

m étant le prix par watt produit; le prix de la ligne se compose d'une partie indépendante de la section des conducteurs (poteaux, isolateurs...) et d'une autre qui représente le prix du conducteur employé, on a donc

$$C = (a + bs)\,L \quad s\,(mm^2) \quad L\,(m);$$

en réalité a n'est pas constant, car les supports doivent être d'autant plus résistants que la ligne est plus lourde, et b dépend de s, car la main-d'œuvre dépend du poids du fil; mais

dans une première approximation on peut considérer a et b comme constants.

On a donc

$$\Pi = p\alpha \frac{L}{s} I^2 T + \beta m \left(EI + \alpha \frac{L}{s} I^2\right) + \delta L (a + bs).$$

Les seules quantités variables sont Π et s, on a le minimum de Π en résolvant $\frac{d\Pi}{ds} = 0$, c'est-à-dire

$$\frac{I}{s} = \sqrt{\frac{\delta b}{\alpha (pT + \beta m)}} = \sigma$$

σ étant la densité de courant la plus économique.

Calculons les valeurs à donner aux lettres de cette formule.

b. Prenons le prix du kgr de tresse de fil de cuivre nu à 2,50 fr et la main-d'œuvre pour l'établissement d'un fil de 0,9 kgr par mètre à 150 fr par kilomètre.

b doit se rapporter à une section de 1 mm^2 et une longueur de 1 m ; la main-d'œuvre est de 0,0015 et le prix du fil de 0,021, d'où :

$$b = 0{,}01 + 0{,}0015 = 0{,}0225$$

β. Le taux moyen de l'amortissement pour l'usure est de 0,033 et l'intérêt de 0,05, d'où

$$\beta = 0{,}083$$

δ. On admet d'ordinaire pour l'amortissement de la ligne 0,03, d'où :

$$\delta = 0{,}08$$

$\alpha = 0{,}0175$ à la température ordinaire.

m. On a vu que le prix de production du watt était de 0,27.

p. Les frais d'exploitation variables s'élèvent à 82 500 fr et en admettant que l'usine travaille 5000 heures par an à charge maxima de 4400 kilowatts, on a

$$p = \frac{82\,500}{5\,000 \times 4\,400\,000} = 0{,}00000375.$$

Portons ces valeurs dans la relation qui donne σ, nous avons

$$\sigma = 1{,}58$$

ainsi la densité la plus économique à assigner aux conducteurs est de 1,6 ampère.

Nous avons déjà vu qu'à charge normale, chacun des trois circuits de l'induit des alternateurs était le siège d'un courant de 80 ampères. Avec quatre alternateurs en fonctions, l'intensité est de 320 ampères, de sorte que la section de chacun des trois conducteurs doit être de $320 \times 1{,}6 = 200$ mm^2, ou 100 mm^2 en double ligne.

Au point de vue de la self-induction il y a avantage à tenir les trois fils équidistants, c'est-à-dire formant les trois arêtes d'un prisme à section de triangle équilatéral. Mais cette condition est difficile à remplir en pratique. On disposera, comme à Rheinfelden par exemple, les deux fils inférieurs à 40 cm de distance et à 63 cm du fil supérieur.

Pour une ligne d'une pareille longueur il est indispensable d'employer des parafoudres pour la protéger contre les décharges atmosphériques et empècher que ces décharges après avoir frappé un conducteur ne se propagent le long de la ligne et ne pénètrent dans l'usine génératrice ou n'atteignent quelque appareil.

Il est bon de munir les poteaux d'une pointe en bonne communication avec la terre et d'installer de distance en distance un parafoudre, deux au moins par kilomètre pour chaque ligne, ce qui fait un parafoudre tous les 250 m dans l'hypothèse d'une double ligne.

Les frais d'installation de la ligne s'établissent ainsi :

400 poteaux de 250 fr	100000 fr
11000 × 6 m de tresse de fil de cuivre nu de 1 cm^2 de section. Poids total 0,9 × 66000 = 59 400 kg à 2,50	148500 »
Main-d'œuvre, 150 fr par km, 66 km	9900 »
Ligne pour les mesures d'isolement et main-d'œuvre	3750 »
Ligne téléphonique, main-d'œuvre et appareils pour les communications.	3750 »
Parafoudres.	6250 »
Imprévu	15350 »
Total	287500 fr

D'où il résulte une dépense de 48 fr par cheval utile ou de 65,3 par kilowatt utile.

La ligne demande en outre un certain entretien; fixons le taux d'amortissement à 0,03 et l'intérêt à 0,05, et nous aurons annuellement :

Réparations et remplacements. .	5000 fr
Personnel de surveillance	2000 »
Intérêt 0,05 sur 287500 fr	14375 »
Amortissement	8625 »
Imprévu	2500 »
Total.	32500 fr

De sorte que le coût par kilowatt-an est $\frac{32500}{4400} = 7,4$ fr, et rapporté au kilowatt-heure en admettant comme précédemment une production de 22 000 000,

$$0,00148$$

En résumé les frais d'exploitation sont au total de

$$75 + 7,5 = 82,5$$

par kilowatt utile et

$$0,0156 + 0,00148 = 0,017$$

par kilowatt-heure.

Rendement de la transmission. — Il reste, avant de terminer, à rechercher quel est le rendement entre l'arbre des turbines et celui des moteurs, à Sebenico par exemple.

Occupons-nous d'abord de la perte en ligne à pleine charge; elle provient de la résistance et de l'inductance. La perte due à la résistance est RI^2 pour chaque conducteur,

$$R = 0,000175 + 11000 = 1,92 \text{ ohm}$$
$$RI^2 = 1,92 \times 160^2 = 49152 \text{ watts}$$

d'où la perte totale

$$49152 \times 6 = 294912 \text{ watts}$$

c'est-à-dire 6,6 p. 100 de la puissance développée par les alternateurs. Le rendement de la ligne est donc de 93,4 p. 100.

Calculons l'inductance $L = L_1 - L_2$:

$$L_1 = \left(\frac{1}{2} - Log\, a\right)$$
$$L_2 = -2\, l\, Log\, d$$

l longueur des conducteurs en centimètres $= 1\,100\,000$,

$$a \text{ rayon } \frac{1,3}{2} = 0,65$$

d distance en cm entre deux conducteurs de la ligne triphasée, ou si les distances sont inégales, leur moyenne $\frac{40 + 63}{2} = 51,5$.

$$L_1 = 11,055 \times 10^5$$
$$L_2 = -124,25 \times 10^5$$
$$L = 135,305 \times 10^5 \text{ UEM} = 0,01353 \text{ henry}$$

La réactance est

$$2\pi n L = 2 \times 3,14 \times 40 \times 0,01353 = 3,4$$

et la perte de tension correspondante

$$3,4 \times 160 = 544 \text{ volts.}$$

On peut calculer alors la différence de potentiel V que l'on aurait à l'arrivée entre le centre de l'étoile et un de ses conducteurs, en négligeant encore la self-induction ; RI est la chute en volts due à la résistance ohmique, ZI celle due à l'inductance, V_0 la différence de potentiel à l'origine.

$$V_0^2 = (RI + V)^2 + \overline{ZI}^2$$

où

$$V_0 = 4624$$
$$RI = 307$$
$$ZI = 544$$

donc

$$V = 4276$$

De sorte que la différence de potentiel entre deux conducteurs quelconques est

$$4276 \times \sqrt{3} = 7406 \text{ volts.}$$

Le rapport entre les différences de potentiel à l'arrivée et au départ est ainsi 0,926, la perte par résistance et réactance est de 7,4 p. 100 de la tension.

En pratique les appareils de travail ne

sont jamais privés de self-induction. Les transformateurs comme les moteurs asynchrones produisent un retard de phase considérable entre la force électromotrice et l'intensité ; cependant les moteurs synchrones convenablement excités, établissent une avance de l'intensité sur la force électromotrice et compensent ainsi en partie les effets nuisibles de la self-induction.

On ne pourrait établir le facteur de puissance ($\cos \varphi$) ne sachant pas comment l'énergie est divisée, et ne connaissant ni les moteurs ni les transformateurs choisis ; mais on peut donner une idée de cette quantité en supposant l'emploi de grands moteurs asynchrones ou de transformateurs d'au moins 150 kw.

Avec les moteurs de 500 à 1000 chevaux de

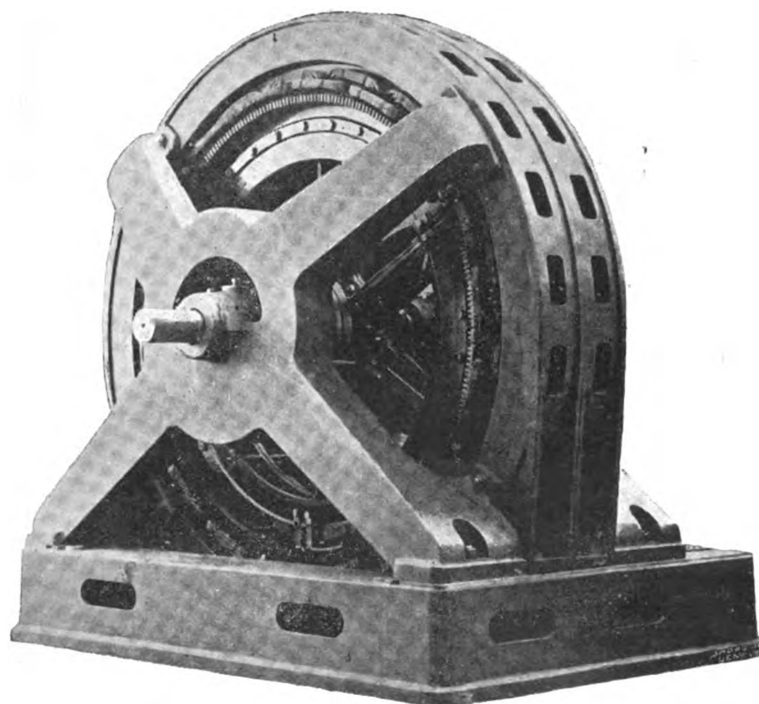


Fig. 21. — Moteur de 500 à 100 chevaux Brown-Boveri.

la maison Brown-Boveri (fig. 21), le rendement est de 93 à 94 p. 100 et $\cos \varphi$ varie de 0,85 à 0,90. La perte serait dans ce cas de 2 p. 100 dans le cuivre ; 2 p. 100 dans le fer ; 2 p. 100 par chocs et ventilation.

Pour les transformateurs de 100 kw (fig. 22), le rendement garanti est de 97 à 98 p. 100 et les pertes sont dans le cuivre 1,5 p. 100, par hystérésis, 1,5 p. 100, courant d'aimantation 2 p. 100.

Dans ces conditions le retard de phase introduit à pleine charge est presque négligeable. On a approximativement :

$$\cos \varphi = \frac{I_u + I_i}{\sqrt{(I_u + I_i)^2 + I_m^2}}$$

I_u intensité utile.

I_i courant d'hystérésis.

I_m courant d'aimantation.

Par conséquent, on peut admettre pour le facteur de puissance la valeur 0,8.

Calculons alors le rendement total à pleine charge.

V_1 différence de potentiel entre le centre de l'étoile et un des conducteurs au départ en volts efficaces.

V_2 différence à l'arrivée.

φ_1 retard de phase entre le courant et la force électromotrice au départ.

φ_2 retard à l'arrivée.

RI perte par résistance.

ZI perte par inductance.

$$V_1^2 = (V_2 \cos \varphi_2 + RI)^2 + (V_2 \sin \varphi_2 + ZI)^2$$

On veut maintenir à l'arrivée $V_2 = 4\,270$ pour avoir entre les conducteurs une différence de $4\,270\sqrt{3} = 7\,387$ volts.

$$\cos \varphi_2 = 0,8 \quad \sin \varphi = 0,6$$
$$RI = 307$$
$$ZI = 544$$
$$V_1 = 4848$$

d'où une différence de potentiel entre les conducteurs au départ de $4\,848\sqrt{3} = 8\,387$ volts.

Le retard φ_1 s'obtient par l'équation

$$V_1 \cos \varphi_1 = V_2 \cos \varphi_2 + RI$$
$$4848 \cos \varphi_1 = 4270 \times 0,8 + 307$$
$$\varphi_1 = 39^\circ,30'.$$

Remarquons alors que l'énergie transmise est

$$W_1 = 3V_1 I \cos \varphi_1$$

l'énergie recueillie

$$W_2 = 3V_2 I \cos \varphi_2$$

le rendement de la transmission est

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{V_2 \cos \varphi_2}{V_1 \cos \varphi_1} = 0,916.$$

Admettons 85 p. 100 comme rendement moyen des gros moteurs, comprenant celui des transformateurs si c'est nécessaire ; le rendement des dynamos est de 92 p. 100 ; le rendement total est

$$0,92 \times 0,916 \times 0,85 = 0,716.$$

Ainsi aux moteurs à Sebenico on utilise 0,72 de la puissance des turbines. Soit sur 6 000 chevaux 4 320.

Il nous reste à comparer les dépenses de l'installation et le prix de revient de l'énergie à ceux des exploitations similaires.

Pour un canal capable d'alimenter 8 turbines de 1 500 chevaux (12 000) et un réservoir pour 5 conduites seulement, les frais s'élèvent à 140 000 francs.

A Lione, pour créer une puissance de 20 000 chevaux avec les chutes du Rodane, le canal doit avoir 18 km et coûtera environ 2 millions ; à Paderna, où l'on utilise 16000 chevaux de l'Adda pour les transmettre à Milan, les travaux hydrauliques coûteront 2 millions.



Fig. 22. — Transformateur Brown-Boveri de 100 kilowatts.

A Kerka, le kilowatt utile revient à 270 fr ; à Rheinfelden il est presque triple, soit 790 fr.

Les frais d'exploitation par kilowatt utile aux bornes des dynamos sont de 82 fr, et le rendement de la ligne étant de 91 p. 100, le prix de l'unité à Sebenico est de 90 fr. Il est vrai que ce prix doit être augmenté pour la vente, parce qu'il n'est pas dit que toute la puissance sera utilisée, et qu'il faut tenir compte du bénéfice net que doit faire l'instal-

lation en outre des 5 p. 100 d'intérêt. Mais en portant le prix du kilowatt à 110 fr, les industriels établis à Sebenico dépenseraient encore trois fois moins qu'en employant la vapeur comme force motrice. En effet, le coût par cheval-an effectif pour un travail de 300 jours à 10 heures, n'est pas inférieur à 250 ou 300 fr pour des puissances d'au moins 300 chevaux et avec de bonnes machines à vapeur; or, le kilowatt équivaut à 1,36 cheval; en rapportant le prix au kilowatt on obtient 340 à 400 fr.

Ainsi, au prix de 110 fr pour les grandes consommations à Sebenico, la Société réaliserait d'importants bénéfices sans mettre les industriels dans des conditions différentes de celles des autres transmissions similaires.

Cela correspond d'ailleurs au prix de 82,7 fr par cheval électrique de 736 watts et à 97,5 par cheval effectif à l'arbre des moteurs, en leur supposant 85 p. 100 de rendement. Ce prix est celui de vente du cheval effectif à Niagara; à Rheinfelden il est de 117 fr, et dans les installations diverses de la Suisse il varie de 150 à 200 fr pour les puissances supérieures à 100 chevaux.

Ces quelques chiffres montrent tout l'intérêt que présente l'utilisation des chutes de la Kerka, et le projet mérite d'être mis à exécution, étant données ces conditions favorables.

Giuseppe Giovaninelli.

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ ALLEMANDE D'ÉLECTROCHIMIE

CONGRÈS DE LEIPZIG (1)

Dans sa communication (1)

Sur la constitution du mercure

M. C. Liebenow rappelle d'abord ses travaux antérieurs sur la résistance électrique des alliages. Il émet l'opinion que cette résistance ainsi que celle des métaux purs, dépend principalement des groupements moléculaires, c'est-à-dire du nombre d'atomes qui se réunissent pour former la molécule du solide — atomes identiques pour un seul et même métal, de nature différente dans le cas d'un alliage.

Le mercure solide serait ainsi formé de molécules complexes; on sait d'ailleurs qu'à l'état gazeux sa molécule est monoatomique.

Quelle est sa constitution à l'état liquide? On ne saurait admettre que, d'après la continuité, il doive être monoatomique, ni même formé de molécules identiques; ce fait ne saurait se concilier avec le coefficient de variation de la résistance, avec la température. Ce coefficient qui est environ de 0,004 par degré centigrade pour tous les autres métaux, y compris le mercure solide, n'est pour le mercure liquide que de 0,001. On ne rencontre de nombre aussi faible que chez les alliages.

Le mercure liquide serait-il un alliage, c'est-à-dire un mélange de molécules monoatomiques qui existent seules à l'état gazeux et des molécules plus complexes qui caractérisent l'état solide? Examinons quelques conséquences qui découlent de cette hypothèse. On ne peut connaître par l'expérience la résistance d'un mercure liquide qui serait seulement monoatomique, la conductibilité, à l'état gazeux, étant sensiblement nulle; mais si l'on admet, comme première approximation, qu'elle se rapproche de celle du mercure réel, on doit, d'après une règle

(1) Communication envoyée par l'auteur, retenu par une maladie.

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 93 et 504.

connue, trouver que le rapport des coefficients de variation de température est à peu près égal au rapport inverse des résistances. Nous venons de voir que pour les mercures liquide et solide ce rapport est 1/4; or, le rapport des résistances, à la température de fusion du mercure, est 4 et il devient 3,6 à 0°.

Considérons un alliage binaire, par exemple celui d'or et d'argent, à la température zéro : si l'on porte en abscisses les pourcentages d'or et en ordonnées la résistance spécifique de l'alliage, on obtient une courbe parabolique tournant sa convexité vers le haut; la résistance croît d'abord jusqu'à devenir cinq fois celle de l'argent, en présentant un maximum vers 49 p. 100 d'or, puis elle diminue jusqu'à ce qu'elle atteigne la résistance de l'or pur. Si le mercure liquide est constitué par le mélange de molécules monoatomiques et polyatomiques, on devrait obtenir une courbe analogue, à la condition d'effectuer le mélange en proportions variables. Ceci n'est pas possible d'une façon absolue, puisque à zéro, par exemple, le mercure a une conductibilité parfaitement déterminée, c'est-à-dire que le rapport du nombre des molécules monoatomiques, à celui des molécules plus complexes est parfaitement défini. L'introduction de vapeur de mercure ou de mercure solide dans le métal liquide ne mènerait naturellement pas au but. Mais on pourrait tenter l'expérience avec un autre métal, l'or, par exemple; dissous en petite quantité dans le mercure il a des propriétés physiques comparables à celles d'un gaz; il jouera le rôle du mercure monoatomique [1]. Dissous en proportions notables, il formera des molécules complexes et sera comparable au mercure polymérisé. Dans l'un des cas il devra augmenter la conductibilité du mercure et la diminuer dans l'autre. Or Siemens, au moment de la fixation de son unité de résistance, découvrit que l'addition de petites quantités de métaux augmentait la conductibilité du mercure. Matthiessen trouva ce fait tellement extraordinaire qu'il le nia tout d'abord ; ce n'est qu'à la suite des vives protestations de Siemens qu'il reprit ses expériences et les confirma. Le mercure est jusqu'à présent une exception unique : une trace de métal étranger (moins de 1 p. 100) augmente constamment sa conductibilité au lieu de la diminuer. Le bismuth lui-même, qui conduit moins bien que le mercure, diminue la résistance de ce métal, quand il est ajouté en petite quantité. Au contraire, l'addition de masses plus considérables de métaux diminue la conductibilité du mercure.

L'action des métaux sur le mercure étant ainsi unique, bien déterminée, on est en droit de conclure que le mercure *monoatomique* produirait le même effet si on pouvait l'ajouter au mercure ordinaire; il devrait, pris en petite quantité, diminuer la résistance de ce métal. Le point figuratif de la résistance du mercure à zéro sur la courbe fictive de l'alliage mercure monoatomique — mercure polyatomique se trouve donc placé sur la branche descendante, ce qui implique que les molécules monoatomiques sont en majorité.

Pourrait-on arriver à modifier le rapport relatif des deux espèces de molécules? En partant du fait que le mercure se contracte pendant la solidification, il est permis de conclure que la contraction accroît le nombre de molécules complexes et qu'une augmentation de pression due à une cause quelconque produirait le même résultat. En particulier l'élévation de température augmentant le volume, c'est-à-dire diminuant la pression interne doit avoir pour conséquence l'accroissement du nombre des molécules monoatomiques, c'est-à-dire la diminution de la résistance électrique. On peut démontrer qu'aussi longtemps que cet effet reste petit le coefficient de variation de la résistance doit augmenter avec la température, résultat vérifié par un grand nombre d'observateurs.

Enfin, l'auteur propose d'étudier la résis-

(1) Il semble résulter, en effet, des expériences cryoscopiques de Tammann (*Zeitsch. f. physik. Chemie*, t. III, p. 443, 1889), que les métaux dissous dans le mercure, en petite quantité, y prennent la forme monoatomique (*Réd.*).

tance du mercure liquide sous des pressions variables; la résistance devrait d'abord croître, puis passer par un maximum, pour diminuer ensuite sous des pressions énormes ; — à la condition toutefois que le mercure se maintienne à l'état liquide.

M. Liebenow termine en citant les expériences de Grummach (¹) qui a mesuré la résistance du mercure entre + 20° et — 90°, en faisant varier la température avec une lenteur excessive. D'après cet auteur, le rapport entre la résistance du mercure liquide et du mercure solide, au lieu d'être 4 (expériences de Weber, de Cailletet et Bouty), ne serait que 1,5 et dans des tubes plus larges 2,5; ces expériences impliqueraient la possibilité de l'existence de molécules monoatomiques au sein du mercure solide.

En résumé, l'auteur conclut de ces considérations que le mercure liquide est un alliage de molécules monoatomiques et polyatomiques, alliage où les molécules monoatomiques sont en excès.

Le professeur Küster, de Breslau, exécute devant la Société :

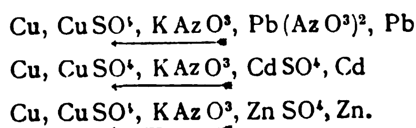
Quelques expériences de cours

destinées à montrer la relation étroite qui existe entre les réactions analytiques et les phénomènes électrochimiques. Dans la pile de Daniell, en circuit fermé, le cuivre se précipite tandis que le zinc entre en dissolution. Si l'on ajoute un excès de cyanure de potassium à la solution du sel cuivrique, c'est l'inverse qui se produit : le cuivre se dissout et le zinc se précipite. Le phénomène est régi, comme on sait, par une formule de Nernst :

$$E = \frac{RT}{2}\left(ln\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}} - ln\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}\right)$$

où R désigne la constante des gaz, T la température absolue, p la pression osmotique de l'ion métallique et P sa tension de dissolution (laquelle ne dépend que de la nature du dissolvant et de la température). Les deux valeurs de p ne sont pas très différentes, par contre P_{Zn} est bien plus grand que P_{Cu} (environ 10^{38} fois). Par l'addition de cyanure de potassium, presque tout le cuivre se met sous la forme d'ions complexes $Cu(CAz)^2$; le nombre d'ions cuivre devient extrêmement petit; le rapport $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ peut donc atteindre et dépasser le rapport $\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}}$; le signe de la parenthèse change et le courant se renverse.

L'auteur a cherché à vérifier qualitativement l'exactitude de la formule de Nernst en diminuant graduellement la concentration des ions cuivre au moyen de réactions appropriées. Il s'est servi de trois éléments de piles construites sur le type Daniell :



Cu, $CuSO^4$, $KAzO^3$, $Pb(AzO^3)^2$, Pb

Cu, $CuSO^4$, $KAzO^3$, $CdSO^4$, Cd

Cu, $CuSO^4$, $KAzO^3$, $ZnSO^4$, Zn.

Ces éléments avaient la forme d'un H; les deux tubes verticaux de 3 cm de diamètre tenaient environ 65 cm^3 jusqu'au niveau du tube de communication. Celui-ci était bouché au moyen d'un tampon d'ouate bien imprégné de la solution de salpêtre. La liqueur de sulfate de cuivre était constituée par une solution à 2 p. 100 de sulfate double de cuivre et de potassium $CuSO^4, K^2SO^4, 6H^2O$; on en utilisait 1 cm^3. La solution de salpêtre est aussi à 2 p. 100. Les électrodes étaient pour le cuivre un simple fil, pour le cadmium et le zinc des amalgames saturés. La solution doit être agitée avant chaque lecture galvanoscopique.

Les flèches indiquent la direction du courant dans l'intérieur de la pile. On voit que, dans les conditions habituelles, il se précipite du cuivre dans les trois cas. Un galvanoscope indicateur donne des écarts de + 8, + 15 et + 25 divisions.

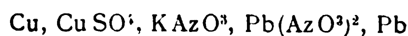
On ajoute maintenant au cuivre des trois éléments 1 cm^3 d'une solution de soude à environ 1,3 p. 100; le cuivre se précipite à

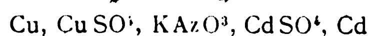
(¹) *Wied. Ann.*, t. XXXV, p. 764, 1888, et t. XXXVII, p. 508.

l'état d'hydroxyde $Cu(OH)^2$, un petit excès de soude reste en dissolution. Le nombre des ions cuivre a diminué, pourtant il en subsiste une quantité déterminée puisque l'hydroxyde possède naturellement une certaine solubilité. L'expression $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ a augmenté, mais pas encore assez pour dépasser $\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}}$; le passage du courant se fait toujours dans le même sens; les déviations ont toutes diminué : $+1, +8, +21$.

Ajoutons une nouvelle quantité de soude, 1 cm³ d'une solution *très concentrée* saturée à froid. D'après les lois de la dynamique chimique, le produit du nombre d'ions cuivre de la solution saturée et presque complètement ionisée d'hydroxyde de cuivre par le nombre total des ions OH doit être une quantité constante [1]. L'addition d'un grand nombre d'ions OH tendrait à augmenter le produit; le nombre des ions cuivre doit donc diminuer, il se précipite une nouvelle quantité d'hydroxyde; p_{Cu} a encore diminué et le rapport $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ est devenu plus grand.

Effectivement le courant s'est renversé dans la première cellule, la déviation est maintenant -2; le cuivre se dissout, le plomb se précipite; dans les deux autres piles, le courant est encore de même sens, mais affaibli : déviations $+6$ et $+19$. Le schéma est le suivant :


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, $Pb(AzO^3)^2$, Pb

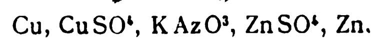

Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, Cd SO^4, Cd


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, Zn SO^4, Zn.

Additionnons la liqueur de sulfhydrate d'ammoniaque (obtenu en saturant de gaz sulfhydrique une solution d'ammoniaque à 5 p. 100). L'hydroxyde se transforme en sulfure noir CuS; ce processus n'a lieu que parce qu'on a dépassé le produit de solubilité du sulfure cuivrique; on peut en conclure que la concentration des ions cuivre (de CuS) a encore reculé; p_{Cu} est devenu plus petit. Les déviations sont à présent $-26, -14, +2$.


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, $Pb(AzO^3)^2$ Pb


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, Cd SO^4, Cd


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, Zn SO^4, Zn.

Non seulement le plomb, mais encore le cadmium sont précipités énergiquement par le cuivre, tandis que le Zn est encore capable de précipiter les traces de cuivre dissous provenant du sulfure.

On peut aller plus loin en ajoutant une solution de cyanure de potassium dans la liqueur qui renferme le cuivre; le précipité noir se dissout et disparaît : il se forme en effet un cyanure double cuproso-potassique $KCu(CAz)^2$ qui se dissocie en ions K et $Cu(CAz)^2$; ce dernier ion complexe n'émet qu'une quantité extrêmement faible d'ions bivalents Cu; le produit de solubilité du sulfure de cuivre n'étant plus atteint, ce corps se redissout; en même temps le liquide devient extrêmement pauvre en ions Cu, si bien que maintenant le rapport $\frac{P_{Cu}}{p_{Cu}}$ peut dépasser $\frac{P_{Zn}}{p_{Zn}}$ et que le courant se renverse même pour la dernière pile :


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, $Pb(AzO^3)^2$, Pb


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, Cd SO^4, Cd


Cu, Cu SO^4, $KAzO^3$, Zn SO^4, Zn.

Les déviations sont $-44, -30, -7$.

Ainsi, en diminuant à l'aide des procédés analytiques habituels la concentration des ions Cu qui se trouvent autour de l'électrode de cuivre, on peut forcer ce métal à précipiter successivement le plomb, le cadmium et même le zinc.

P.-Th. Muller.

(*A suivre.*)

---

[1] Ce produit Cu × OH, appelé par Ostwald *produit de dissolution*, est, d'après la loi des masses actives, proportionnel au nombre des molécules Cu $(OH)^2$ qui ne sont pas dissociées; or la solution est saturée, ce nombre est donc constant (*Réd.*).

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Nouveau modèle de pont de Wheatstone du Post-Office (1).

La maison Nalder Bros and C° vient d'apporter quelques perfectionnements de détail à la boîte de résistances à pont de Wheatstone en usage depuis près de vingt ans au Post-Office. Les dimensions des plots et des fiches ont été augmentées, ce qui assure un meilleur contact des uns et des autres et facilite le maniement des dernières. Le nombre des bobines de chacun des bras de proportion a été augmenté d'une unité, ce qui permet de faire des mesures dans des limites plus étendues. Enfin la disposition des bobines a été changée, et, comme on peut le voir par le diagramme de la figure 1, la nouvelle disposition permet par sa symétrie de trouver facilement la valeur de la résistance dans les diverses branches du pont, rien qu'au toucher, ce qui est avantageux lorsque, et c'est ordinairement ce qui a lieu, on se trouve dans une chambre obscure.

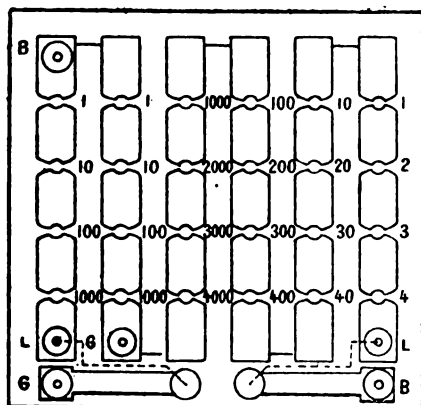


Fig. 1. — Diagramme des connexions de nouveau modèle de pont de Wheatstone du Post-Office.

Malgré l'augmentation du nombre des bobines et l'augmentation des dimensions des fiches et plots, la nouvelle disposition a permis de diminuer légèrement les dimensions des boîtes.

(1) *The Electrician*, t. XLI, p. 596, 26 août 1898.

Appareils de contrôle Siemens et Halske.

L'*indicateur de tension* (fig. 1) sert pour le contrôle de la tension d'un réseau ; dès que la tension s'écarte de la valeur normale dans une proportion déterminée, l'une des deux sonneries F et G est mise en mouvement suivant le sens de l'écart.

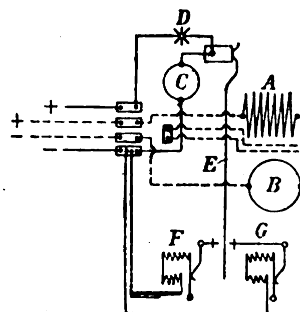


Fig. 1. — Indicateur de tension Siemens et Halske.

L'appareil est éclairé par une lampe à incandescence D et mis en action par le commutateur de cette lampe. Supposons qu'il s'agisse de contrôler la tension, non pas à l'endroit où se trouve l'appareil, mais en un point éloigné. Des fils partant de ce point viennent aboutir aux deux bornes médianes, le circuit est fermé par la bobine motrice A et la résistance B ; l'enroulement de A est en fil de cuivre, tandis que la résistance B placée au-dessous de l'appareil est formée de fil de nickeline dont la conductibilité est à peu près indépendante de la température ; comme la résistance de B est notablement plus forte que celle de A, il s'ensuit que la résistance totale est pratiquement constante malgré les variations de la température ambiante. L'intensité du courant qui parcourt A, et par suite la force d'attraction de la bobine A sur le noyau de fer placé à son intérieur et relié au bras E, ne dépendent donc que de la tension à contrôler.

Ce bras E est tenu par un ressort dont

l'élasticité agit en sens inverse de l'attraction de l'enroulement A.

L'appareil est réglé de façon que, pour la tension normale, le bras E se tienne entre les deux contacts F et G sans les toucher. Lorsque la tension a augmenté de 1,5 p. 100, par exemple, le bras vient frapper le contact de droite G; au contraire, pour une diminution du même ordre, c'est le contact de gauche F qui est touché.

Les deux bornes extrêmes de l'appareil sont reliées aux conducteurs principaux, et un premier circuit est formé par la lampe D et la résistance C; aux deux extrémités de cette résistance est prise une dérivation, qui par l'intermédiaire du bras E alimente les sonneries F et G.

Il suffit pour construire l'appareil de connaître la valeur de la tension normale qu'il doit contrôler. Lorsque la tension est supé-

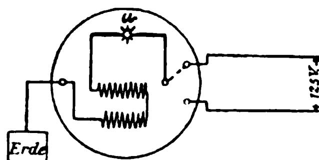


Fig. 2. — Indicateur de terre pour distribution à deux fils.

rieure à 110 volts, on emploie dans le circuit CD une ou plusieurs lampes ou bien des lampes à plus haute tension. Au delà de 250 volts, on introduit une résistance supplémentaire dans le circuit des bobines A et B.

L'*indicateur de terre* (fig. 2 et 3) sert à avertir lorsque l'isolement d'un réseau de conducteur est descendu au-dessous de la valeur convenable. L'appareil se compose d'une lampe à incandescence *a* et d'une sonnerie disposées en série et reliées d'un côté à la terre, de l'autre à un commutateur qui permet de mettre l'appareil sur l'un des fils du réseau. La figure 2 représente la disposition dans le cas d'une distribution par courant continu à deux fils, et la figure 3 dans le cas d'une distribution à trois fils.

Pour les légers défauts d'isolement correspondant à une résistance inférieure à 2 000 ohms, c'est la sonnerie qui avertit; pour les défauts plus graves (résistance inférieure à 1 000 ohms) la lampe s'allume en outre.

L'*indicateur de courant* est utilisé pour faire connaître l'existence du courant dans un conducteur, par exemple il indiquera au machiniste si le groupe des lampes à arc reliées à un fil fonctionne ou non.

Ces appareils sont construits pour des

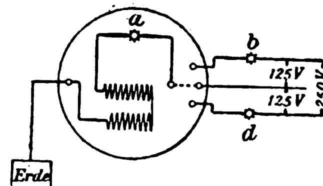


Fig. 3. — Indicateur de terre pour distribution à trois fils.

intensités allant jusqu'à 20 ampères; ils se composent d'un petit électro-aimant qui sous l'action du courant attire une ancre pivotante, à côté est un interrupteur et des plombs de sûreté.

L'*indicateur de sens du courant* sert à faire savoir si une batterie d'accumulateurs se charge ou se décharge. Il est vissé sur une tige horizontale ou verticale conduisant aux accumulateurs. L'appareil se compose d'une boîte et d'une aiguille aimantée. Sur l'axe de l'aiguille est un contrepoids qui lui fait prendre la direction de la tige lorsque celle-ci n'est parcourue par aucun courant; quand le courant passe, suivant le sens, l'aiguille est déviée d'un côté ou de l'autre.

Influence de la durée d'une élévation de température sur les propriétés magnétiques du fer;

Par S.-R. Raget [1].

La dissipation d'énergie dans les transformateurs va ordinairement en croissant avec le temps; des recherches récentes ont montré que cette augmentation est due seulement aux élévations de température qu'a subies le

[1] Communication faite le 12 mai 1898 à la Royal Society, publiée dans *The Electrician* du 3 juin, t. XLI, p. 182.

noyau. L'auteur se propose d'étudier l'influence de la durée d'une élévation de température et, bien que ses recherches ne soient point terminées, publie les intéressants résultats obtenus jusqu'ici.

L'appareil employé pour l'étude de l'hystérésis est celui d'Ewing (*Journ. Inst. Électr. Ing.*, t. XXIV, p. 403) : les températures étaient mesurées jusqu'à 200° au moyen d'un thermomètre à mercure, et au delà au moyen d'une résistance de platine Callendar-Griffiths ; le barreau était de temps en temps retiré du four, et son hystérésis mesurée.

Les noyaux employés étaient constitués par des faisceaux de sept tiges de fer doux d'environ 8 cm de long et 1,6 cm de diamètre chacune ; ce fer doux avait au début une hystérésis assez faible.

Dans la figure 1 on a porté en abscisses les durées en heures de l'élévation de température, et en ordonnées les augmentations relatives de l'hystérésis, en centièmes.

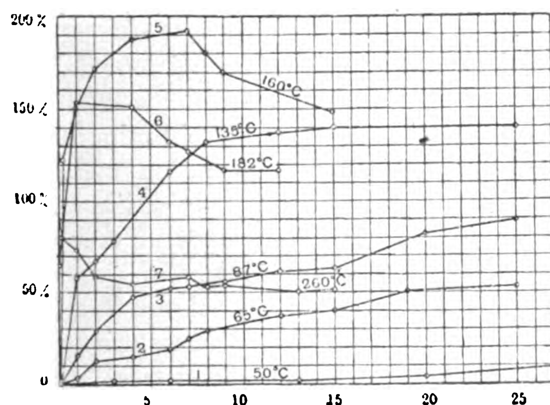


Fig. 1. — Courbes des variations de l'hystérésis avec la durée de la chauffe.

Les résultats obtenus sont très variables avec la température ; au-dessous de 40°, on ne constate aucune modification appréciable; entre 40° et 135°, l'hystérésis croît simplement avec la durée de l'élévation de température, dans les limites des expériences tout au moins.

Au-dessus de 135°, l'hystérésis croît d'abord avec la durée, atteint un maximum, puis décroît. La valeur du maximum dépend de la température et semble être le plus grande vers 180°. La position du maximum dépend aussi de la température ; ainsi, pour 260°, le maximum est atteint très rapidement, pour une durée d'un quart d'heure environ.

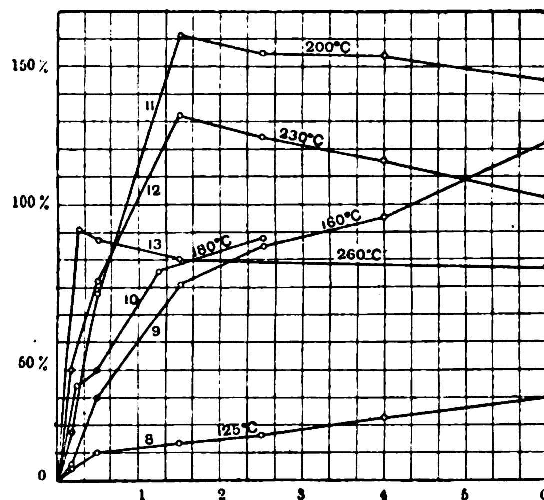


Fig. 2. — Mêmes courbes pour des températures différentes et des durées plus courtes.

Dans la figure 2 on a augmenté l'échelle des abscisses, de manière à obtenir plus nettement le début des courbes.

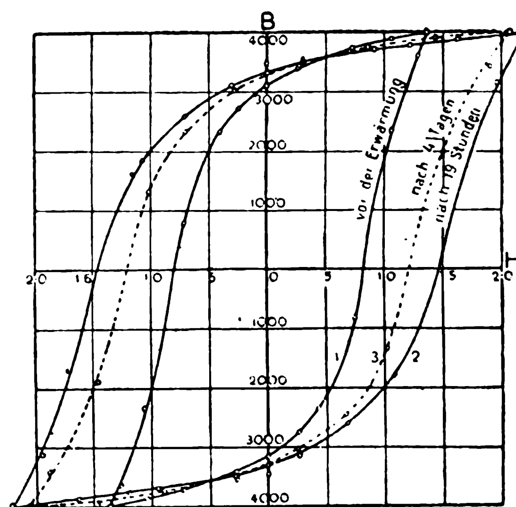


Fig. 3. — Courbes d'hystérésis d'un même échantillon. 1, après recuit au rouge; 2, après chauffage à 200° pendant 19 heures; 3, après chauffage à 200° pendant 4 jours.

Dans la figure 3 on a réuni les courbes d'hystérésis déterminées par la méthode balis-

tique et correspondant à un même noyau, étudié d'abord après avoir été recuit au rouge (courbe 1), puis chauffé à 200° d'abord seulement pendant dix-neuf heures (courbe 2), ensuite pendant quatre jours (courbe 3).

Les auteurs ont vérifié que la présence de l'air n'a aucune influence sur les résultats, en recommençant les expériences sur des noyaux placés dans un réservoir où on faisait le vide.

Ch. MAURAIN.

Détermination électrolytique de l'étain contenu dans les minerais d'étain;

Par E.-D. CAMPBELL et E.-C. CHAMPION [1].

Dans les méthodes actuellement en usage pour la détermination de l'étain contenu dans les minerais, on commence par chauffer ceux-ci en présence de carbonate de sodium et de soufre de manière à obtenir du sulfostannate de sodium. On dose l'étain du sulfostannate soit en le précipitant à l'état de sulfure et transformant ensuite le sulfure en oxyde, soit en le déposant par voie électrolytique d'une solution dans le sulfure d'ammonium ou l'oxalate d'ammoniaque.

Le premier procédé, indiqué par Rose, présente plusieurs inconvénients : il est difficile d'obtenir le sulfure d'étain exempt de sels de sodium malgré des lavages prolongés ; la transformation du sulfure en oxyde stannique par combustion ne s'effectue pas sans perte de sulfure ; enfin il y a contamination de l'oxyde stannique par la silice.

Le dosage par électrolyse de la solution dans le sulfure d'ammonium ne paraît donner non plus de résultats absolument satisfaisants, car quoique l'étain puisse être ainsi complètement précipité, il est difficile d'obtenir une précipitation complète sans qu'il y ait en même temps précipitation d'une certaine quantité de soufre. Au contraire, le dosage par électrolyse de la solution d'oxalate double d'ammonium et d'étain ne présente pas de difficultés et donne des résultats très exacts quand il est effectué dans des conditions convenables.

Pour la transformation du sulfostannate de sodium en oxalate double d'ammonium et d'étain on suit généralement le procédé suivant indiqué par Classen. La solution de sulfostannate est d'abord acidifiée au moyen d'acide sulfurique puis additionnée d'eau oxygénée ; on obtient ainsi de l'acide métastannique que l'on filtre et lave et que l'on dissout ensuite dans de l'oxalate acide d'ammonium additionné d'acide oxalique. C'est particulièrement cette partie du procédé de dosage que les auteurs ont perfectionnée : ils évitent, pour passer de la solution de sulfostannate à la solution d'oxalate double, la précipitation de l'étain à l'état d'acide métastannique et par suite le filtrage et le lavage du précipité.

Voici le mode opératoire qui leur a donné les meilleurs résultats :

Mélanger intimement 1 gr du minerai finement pulvérisé avec 5 à 6 gr d'un mélange à poids égaux de carbonate de sodium et de soufre. Mettre le mélange dans un creuset de porcelaine fermé, placé lui-même dans un plus grand creuset de porcelaine fermé afin d'éviter l'oxydation du sulfure stannique pendant la chauffe. Disposer le creuset sur un triangle, le recouvrir d'un creuset de terre dont le fond a été enlevé, pour avoir une chauffe plus uniforme. Porter les creusets de porcelaine au rouge et maintenir cette température pendant une heure. Après refroidissement mettre le petit creuset dans une capsule et dissoudre le sulfostannate en chauffant avec 40 à 50 cm³ d'eau. Quand la masse fondue est complètement désagrégée, enlever le creuset et séparer par filtration les oxydes et sulfures insolubles de la solution qui contient presque tout l'étain à l'état de sulfostannate. Laver le résidu insoluble avec de l'eau chaude, le sécher et le traiter de nouveau avec du carbonate de sodium et du soufre afin de faire

---

[1] Mémoire présenté à la American Chemical Society en août 1898 et publié dans *Industries and Iron* du 30 septembre 1898, t. XXV, p. 267.

passer à l'état de sulfostannate de sodium la petite quantité d'étain qu'il contient. Dissoudre ce sulfostannate comme il a été dit et ajouter sa solution à celle déjà obtenue. Additionner ces solutions d'acide chlorhydrique jusqu'à réaction acide pour précipiter l'étain à l'état de sulfure stannique. Faire bouillir rapidement pour chasser l'acide sulfhydrique et réduire le volume de la solution à 75 ou 80 cm^3. Ajouter 10 cm^3 d'acide chlorhydrique de densité 1, 2, puis, par petites quantités, du peroxyde de sodium (environ 2 à 3 gr) jusqu'à ce que le sulfure soit complètement oxydé et transformé en chlorure stannique et que la solution soit bien claire. Faire bouillir deux ou trois minutes pour rassembler le léger dépôt de soufre, filtrer, ajouter de l'ammoniaque jusqu'à formation d'un précipité et ajouter enfin 30 cm^3 d'une solution à 10 p. 100 d'oxalate d'ammonium. On a alors une solution d'où l'étain peut être facilement précipité par électrolyse,

Pour l'électrolyse un courant de 0,1 ampère sous 4 volts donne d'excellents résultats. Avec une différence de potentiel de 8 volts le dépôt est fortement cristallin et moins adhérent que lorsqu'on opère avec une plus faible différence de potentiel. Le dépôt est lavé à l'eau, puis à l'alcool, séché à l'étuve et pesé avec le disque de platine sur lequel il s'est formé. Après la pesée on dissout l'étain par l'acide chlorhydrique, on lave et sèche le disque comme précédemment et on en détermine le poids. La perte de poids donne le poids de l'étain.

J. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Absorption des ondes électriques de petite longueur par l'eau ;

Par P. DRUDE [1].

L'appareil employé pour déceler les ondes, le même que celui qui sera décrit dans le prochain numéro, à propos d'un autre mémoire de l'auteur, est enfermé dans une caisse munie d'une ouverture. En avant de l'ouverture, on dispose une cuve formée de lames de glace remplie d'eau distillée. On peut faire varier l'épaisseur d'eau, en introduisant dans la cuve des lames de glace de 1,1 mm, 2 mm, 3 mm et 4,4 mm. Des deux cuves employées, l'une avait 6,3 mm, l'autre 3,3 mm d'ouverture.

On vérifie en premier lieu que la déviation du galvanomètre dépend seulement de l'épaisseur de l'eau et non de l'épaisseur des glaces. La déviation est déjà notablement diminuée quand les ondes doivent traverser 3,3 mm d'eau. A la vérité, une partie de cette diminution est due à la réflexion notable qui se produit sur les deux surfaces de séparation. Mais l'absorption exerce aussi une action, car la déviation diminue de plus en plus quand l'épaisseur de l'eau augmente et quand cette épaisseur atteint 6,3 mm, le radio-conducteur n'est plus que très faiblement impressionné.

On pourrait dire encore, par analogie avec les anneaux de Newton, que l'intensité totale des ondes réfléchies dépend de l'épaisseur de l'eau tant que celle-ci est du même ordre de grandeur que la longueur des ondes dans l'eau. S'il en était ainsi et qu'il n'existât pas d'absorption, la déviation varierait périodiquement avec l'épaisseur ou, si les ondes étaient fortement hétérogènes, resterait constante à partir d'une certaine valeur de l'épaisseur, ce qui n'a pas été constaté. Il y a donc réellement absorption.

Pour mesurer cette absorption, il faut d'abord graduer le radioconducteur, soit en faisant varier la distance de l'excitateur à l'entrée de la caisse, soit en masquant l'ouverture avec des diaphragmes de grandeur

[1] *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 497-503, juin 1898.

variable. Dans certaines limites, la déviation est proportionnelle à l'énergie des ondes. Les mesures effectuées ne sont pas encore assez nombreuses pour permettre de donner des résultats quantitatifs. Tout au moins peut-on comparer qualitativement l'absorption dans des conditions variées.

Par exemple, l'absorption est moindre quand l'excitateur est muni d'un miroir parabolique. Ce phénomène bizarre s'explique sans doute par ce fait que la période des ondes émises par l'excitateur est modifiée par l'adjonction de nouvelles masses métalliques. Il est très vraisemblable que l'eau absorbe d'autant plus les oscillations qu'elles sont plus rapides. Effectivement si on intercale entre l'excitateur et la cuve absorbante un tube de laiton, l'absorption est d'autant plus forte que le tube est plus étroit, ce qui d'après les expériences rapportées dans le mémoire précédent, correspond à des ondes plus courtes. M. L.

Déviation magnétique des rayons cathodiques soumis aux actions électrostatiques;

Par W. KAUFMANN (1).

La déviation magnétique d'un rayon cathodique est donnée par la formule :

$$y_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{2\, m V_0}} \int_0^{x_0} dx \int_0^{x} \mathrm{H}\, dx \qquad (1)$$

dans laquelle y_0 représente la déviation, $\frac{\varepsilon}{m}$ la charge par unité de masse dans le rayon, V_0 la différence de potentiel entre les électrodes, H la composante du champ magnétique suivant Oz au point d'abscisse x, x_0 l'abscisse du point extrémité du rayon (2). En appelant I l'intensité du courant qui produit le champ magnétique, on aura :

$$y_0 = \frac{\mathrm{I}}{\sqrt{V_0}} \cdot \text{const.} \qquad (2)$$

Ces équations supposent que le potentiel est en tous les points qui ne sont pas très voisins de la cathode, égal à celui de l'anode. Si ce potentiel Φ varie le long de Ox, l'équation (1) devient :

$$y_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{2\, m}} \int_0^{x_0} dx \int_0^{x} \frac{\mathrm{H}}{\sqrt{\Phi - \Phi_0}}\, dx. \qquad (3)$$

Φ_0 étant le potentiel de la cathode. Si le potentiel Φ a une valeur constante Φ' dans un certain intervalle et qu'on limite l'action du champ magnétique à cet intervalle, on obtient en posant $\Phi - \Phi' = V'$

$$y_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon}{2\, m V'}} \int_0^{x_0} dx \int_0^{x} \mathrm{H} dx \qquad (4)$$

ou

$$y_0 = \frac{\mathrm{I}}{\sqrt{V'}} \cdot \text{const.} \qquad (5)$$

Dans ce cas c'est donc la chute de potentiel dans la région où agit le champ magnétique, et non plus la différence de potentiel entre l'anode et la cathode qui intervient.

Pour vérifier cette conséquence, M. Kaufmann dispose l'expérience comme le représente la figure ci-dessous ; l'appareil est en gros

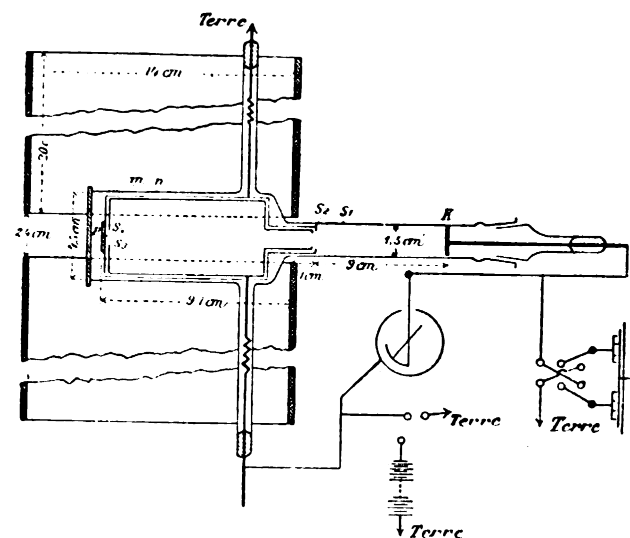


Fig. 1.

semblable à celui qui lui a servi dans ses précédentes recherches (*loc. cit.*). Il s'y trouve en plus dans l'intérieur du tube à décharges deux cylindres coaxiaux, *m*, *n*, séparés par

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 431-439, mai 1898.

(2) Cf. KAUFMANN, *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 122.

un intervalle de 2 à 3 mm; le cylindre extérieur relié constamment au sol sert d'anode. Les rayons émanés de la cathode K traversent successivement les fentes horizontales S_1 (0,3 mm) et S_2 (1 mm), pénètrent dans le cylindre intérieur, et par les fentes S_3 et S_4 perpendiculaires aux deux premières et larges de 2 mm, atteignent l'écran P frotté de craie.

Même sous une différence de potentiel de 3 200 volts, aucune décharge ne se produit entre les deux cylindres, parce que leur distance est inférieure aux dimensions de la région cathodique obscure; cependant quand les rayons cathodiques pénètrent dans le cylindre, il se produit une décharge par suite de la conductibilité communiquée à l'air par ces rayons; mais cette décharge n'entraîne cependant aucune perte de potentiel, à cause de la faible résistance de la batterie de charge.

En somme, cette disposition permet de réaliser en chargeant le cylindre intérieur un potentiel constant dans son intérieur, potentiel qui peut différer notablement de celui du cylindre extérieur qui joue le rôle d'anode. D'autre part la région dans laquelle le potentiel est variable, comprise entre S_1 et S_2, se réduit à 2 mm environ; il est donc permis de n'en pas tenir compte et d'admettre dans le calcul que le potentiel varie brusquement en S_1. Enfin les bobines magnétisantes sont arrangées de manière que la plus grande partie de la déviation se produise à l'intérieur du cylindre.

Les conditions exigées pour l'exactitude des formules (4) et (5) sont ainsi très approximativement réalisées.

Les mesures sont effectuées avec le cylindre intérieur : 1° relié au sol; 2° chargé à + 3 250 volts; 3° chargé à — 3 250 volts.

Comme le demande la théorie $\frac{y_0\sqrt{V'}}{I}$ est constant dans les trois cas; pour des valeurs déterminées de V′ et de I, on constate une diminution ou une augmentation de la déviation suivant que le cylindre reçoit une charge positive ou une charge négative.

Les écarts sont faibles : — 1,2 à + 1,7 p. 100; cependant ils décèlent une erreur systématique. Cette erreur provient de l'épanouissement des lignes de force magnétique, qui provoque une déviation des rayons cathodiques en avant de la fente S_1. Si on détermine l'intensité du champ magnétique dans cette région et qu'on calcule d'après les résultats de cette déviation perturbatrice, les valeurs $\frac{y_0\sqrt{V}}{I}$ ne présentent plus que des écarts dont l'ordre de grandeur est celui des erreurs accidentelles. A la suite de cette correction, la valeur de $\frac{\varepsilon}{m}$ devient $1,86\ 10^7$ unités électrostatiques par gramme au lieu de $1,77\ 10^7$, comme il était dit précédemment [1].

En prenant une différence de potentiel V_0 relativement faible entre les électrodes ($V_0 < 5\,000$ volts), et chargeant négativement le cylindre ($V' < 1\,750$ volts), on donne aux rayons cathodiques qui se propagent dans le cylindre une vitesse qui correspond à un potentiel de décharge, sous lequel, d'ordinaire, on n'observerait aucun rayon cathodique.

Ces rayons fortement retardés se diffusent dans l'espace raréfié comme les rayons cathodiques ordinaires dans l'air atmosphérique. Pour les observer, on supprime l'écran P et on frotte de craie la plaque même qui ferme le cylindre. Quand le cylindre n'est pas chargé la tache fluorescente est nettement délimitée; si le cylindre est chargé, la plaque s'illumine sur toute sa surface.

M. L.

Rayons cathodiques dans un champ électrique dont les lignes de force sont parallèles à leur direction de propagation;

Par P. Lenard [2].

D'après les hypothèses de Crookes, la réfrangibilité magnétique d'un rayon cathodique qui a traversé un champ électrique

(1) *Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 88.

(2) *Wied. Ann.*, t. LXV, 401-5, 10 juin 1898.

parallèlement aux lignes de force, doit avoir augmenté ou diminué, suivant que le rayon se propage dans le sens du champ ou en sens contraire.

La réfrangibilité électrique subit une variation dans le même sens.

L'expérience justifie complètement cette conséquence des hypothèses.

Les rayons sont émis par la cathode E ; ils passent par la fenêtre F, à bords épais, puis à travers le condensateur C_1 C_2 ; ils traversent en M le champ magnétique ou électrique qui doit les réfracter et tombent finalement sur l'écran S_1. Les deux armatures C_1 et C_2 du condensateur sont constituées par des disques circulaires en cuivre, bien dressés et parallèles entre eux ; ils portent en leur centre une ouverture A ayant un diamètre de 1 mm.

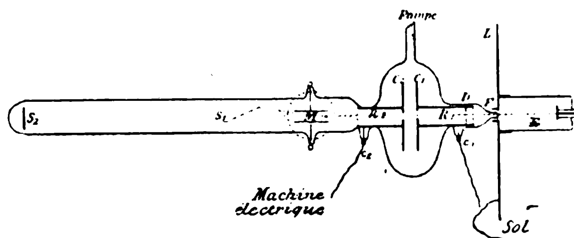


Fig. 1.

Ces disques sont supportés par deux tubes métalliques R_1 et R_2, qui communiquent respectivement avec les électrodes e_1 e_2 ; ils sont distants entre eux de 2 cm ; le disque C_1 est en communication constante avec le sol, le disque C_2 peut être électrisé positivement ou négativement par une machine à influence. Toute la partie gauche du tube à partir de e_2 est recouverte de clinquant relié à e_2, et cette gaine présente seulement en face le fond du tube une étroite ouverture qui permet d'observer l'écran.

Les deux bobines magnétisantes M (représentées en pointillé) sont disposées verticalement au-dessus et au-dessous du tube et isolées de l'armature de clinquant par des lames de mica. S'il s'agit d'observer la réfraction électrique, on se sert des deux plaques rectangulaires, figurées en M ; leur longueur dans la direction des rayons est de 4 cm, leur distance de 2 cm ; tant qu'elles ne servent pas, elles sont en communication métallique avec l'armature de clinquant. Enfin l'écran L sert à séparer le tube à décharges du tube d'observation ; en D, dans le tube R_1 se trouve un diaphragme de 3 mm d'ouverture.

Lorsque l'appareil a été bien évacué, l'espace qui entoure le condensateur reste obscur, même quand la charge est forte.

Tout d'abord on constate que la position de la tache fluorescente ne varie pas quand on charge le condensateur, si le courant ne passe pas dans la bobine magnétisante.

Pour étudier la variation de la réfrangibilité magnétique, on laisse d'abord le condensateur non chargé et en réglant l'intensité du courant dans les bobines, on amène la tache fluorescente à être déviée jusque vers le bord de l'écran et on lit la position de cette tache sur une division tracée sur l'écran. Puis sans rien charger d'autre, on charge le condensateur ; la tache se déplace sur l'écran, dans le sens d'une déviation croissante si le condensateur est chargé positivement, d'une déviation décroissante s'il est chargé négativement.

Si on veut effectuer des mesures, on détermine l'intensité I_0 du courant magnétisant, de manière que la tache fluorescente occupe une certaine position sur l'écran, quand le condensateur n'est pas chargé et l'intensité I_1 telle que la tache reprenne la même position quand le condensateur est chargé à une différence de potentiel V_1. Pour mesurer V_2, on met en dérivation sur le condensateur un micromètre à étincelles et on lit la position de la tache sur l'écran, au moment où éclate l'étincelle.

Les vitesses de propagation des rayons cathodiques v_0 avant le passage à travers le condensateur, v_1 après ce passage, sont calculées d'après les équations :

$$\frac{v_0}{v_1} = \frac{I_0}{I_1} \text{ et } v^2_1 - v^2_0 = 2 \frac{\varepsilon}{\mu} V$$

où $\frac{\varepsilon}{\mu}$ représente la charge par unité de masse

des particules transportées par le rayonnement.

La vitesse v_0 décroît quand le potentiel de décharge dans le tube diminue. Les valeurs trouvées pour ces vitesses sont d'accord avec celles qu'ont données les expériences précédentes ; la concordance entre les valeurs trouvées pour le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ justifie également les hypothèses qui ont servi de point de départ au calcul.

Les rayons qui après avoir traversé le condensateur possèdent la vitesse v_1 la plus petite proviennent des rayons qui primitivement les plus lents, ont été retardés par leur passage à travers le condensateur ; la vitesse minima qu'on a pu observer est égale au dixième environ de la vitesse de la lumière.

Les rayons les plus rapides proviennent des rayons les plus rapides primitivement et accélérés par leur passage à travers le condensateur ; leur vitesse peut atteindre presque le tiers de la vitesse des ondes lumineuses.

Ces deux espèces de rayons se distinguent nettement par leur action sur la pentadécylparatolylcétone dont l'écran est imprégné. Tandis que les rayons rapides provoquent une vive fluorescence, les rayons lents donnent une fluorescence à peine visible.

Dans aucun cas, on n'a constaté que le faisceau cathodique s'écartât de la propagation rigoureusement rectiligne dans le tube d'observation ; les rayons même les plus rapides n'étaient pas non plus très absorbables, car une fraction appréciable du faisceau traversait une lame de mica épaisse de 0,2 mm.

Pour étudier la variation de la réfrangibilité électrique, on enlève la bobine magnétisante M, on isole l'une des plaques de métal qui se trouvent dans le tube et on relie l'autre à l'armature intérieure d'une bouteille de Leyde, disposée comme le montre la figure 2. La plaque isolée prend périodiquement un potentiel inférieur à celui de l'autre plaque ; la différence se règle au moyen du micromètre à étincelles *s*. Au moment où l'étincelle éclate, la différence de potentiel tombe à O, puis remonte lentement par suite de la faible conductibilité de la corde de chanvre. On constate dans ces conditions un va et vient de la tache fluorescente sur l'écran, entre la position qui correspond à une déviation nulle et une position extrême ; la longueur du chemin ainsi parcouru par la tache mesure la

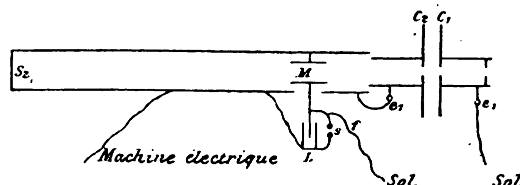


Fig. 2. — C_1, C_2, armatures du condensateur ; e_1 e_1 électrodes communiquant avec ses armatures ; M, lames de métal ; L, bouteille de Leyde ; *s*, intervalle explosif ; *f*, corde de chanvre. (Les parties métalliques de l'appareil sont seules représentées.)

déviation électrique des rayons qui ont traversé le condensateur C. Pour observer la déviation des rayons non modifiés, on relie au sol tout le système C_2, on supprime la corde de chanvre et on charge seulement la plaque isolée M et la bouteille de Leyde, au moyen des étincelles *s*. La déviation est plus grande pour les rayons qui ont traversé le condensateur chargé positivement, plus petite s'il était chargé négativement. M. L.

Région cathodique obscure ;

Par A. Wehnelt [1].

De toutes les recherches effectuées sur les phénomènes cathodiques, il ressort que la région cathodique obscure oppose une très grande résistance au passage de la décharge positive. Mais on ne savait pas encore si cette résistance doit être considérée comme l'analogue de la résistance d'un conducteur métallique médiocre ou de la résistance d'un diélectrique, dans lequel la décharge se produit sous forme d'étincelles fortement amorties. Cette dernière hypothèse semble la plus pro-

[1] *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 511-542 (juin 1898).

bable, d'après les expériences de E. Wiedemann et Schmidt; ces physiciens ont reconnu en effet que les gaz luminescents réagissent aisément aux oscillations de Lecher, tandis que la région obscure ne réagit que fort peu. On peut donc s'attendre à ce que la décharge, si on la force à traverser la région obscure, prenne les caractères de la décharge disruptive comme dans les diélectriques tels que l'huile de paraffine, etc.

Pour déceler les décharges de cette nature, M. Wehnelt utilise la propriété que possèdent les décharges fortement amorties d'agir sur un radio-conducteur ou de provoquer dans un système de Lecher des oscillations faiblement amorties.

1. *Description des appareils.* — Toutes les électrodes sont en aluminium; pour pouvoir faire varier la position de la cathode quand il est nécessaire, les tubes se prolongent à leur partie inférieure par un tube de baromètre, plongeant dans le mercure, et la cathode est fixée à l'extrémité d'un tube recourbé qui traverse le mercure (fig. 1). Le tube *p* fait communiquer l'ampoule avec la pompe à mercure par le tube *g*, on peut introduire une électrode; la distance de cette électrode à la cathode K ainsi que les dimensions de la région obscure se lisent sur une échelle en papier fixée à la paroi extérieure du tube. Comme source de courant on se sert en général d'une machine à influence à 20 plateaux, ou d'une bobine d'induction avec interrupteur Deprez, donnant 30 cm d'étincelle.

L'indicateur de décharges est un radioconducteur modèle Marconi, inséré avec un galvanomètre dans le circuit d'une pile thermoélectrique; dans un cas particulier, c'est un récepteur formé d'une aiguille d'acier posée sur deux autres. Pour éviter les perturbations tous les contacts sont assurés par des godets de mercure ou par des bornes fortement serrées.

Entre la machine et les électrodes du tube sont intercalés des tubes pleins d'eau pour empêcher les oscillations que produisent les étincelles aux peignes d'arriver jusqu'au tube; tout au moins ces oscillations sont-elles par ce moyen assez amorties pour que leur action sur le radioconducteur soit fort réduite et ne masque plus l'effet provenant des décharges dans le tube.

Dans une autre série d'expériences, le tube

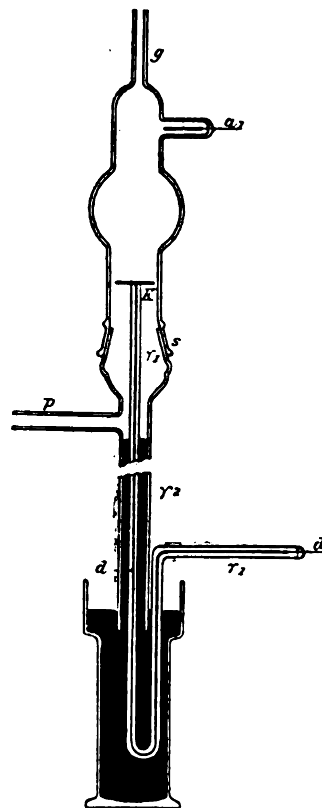


Fig. 1.

est mis à la place de l'étincelle primaire dans un système de Lecher, muni d'un condensateur terminal; un tube évacué, sans électrode placé sur les armatures de ce condensateur, réagit aux ondes provoquées par la résonance.

La différence de potentiel entre les électrodes du tube à décharges se mesure ou bien au moyen d'un électromètre de Righi, ou bien au moyen d'un micromètre à étincelles dont les boules ont 2 cm de diamètre.

2. *Résultats.* — 1° *Région cathodique obscure au voisinage des cathodes métalliques.*

Le résultat général des expériences est le suivant. Aussitôt que le chemin de la décharge positive, de l'anode à la lueur négative, est interrompu par la région cathodique obscure, la décharge prend la forme disruptive et fortement amortie ; la région obscure se comporte comme un diélectrique parfait.

Le tube, dont le diamètre est d'environ 10 mm, porte deux électrodes circulaires remplissant presque toute la section et qui sont distantes de 2 cm environ (fig. 2). Tant que le vide n'est pas très avancé, un radioconducteur placé dans le voisinage du tube ne réagit pas ; il n'y a donc pas d'ondes faiblement amorties. Mais quand le vide est suffisant pour que la région cathodique obscure entoure complètement l'anode, la décharge change de caractère et il se produit des ondes intenses qui agissent encore d'une manière appréciable sur le radioconducteur à une distance de 5 m.

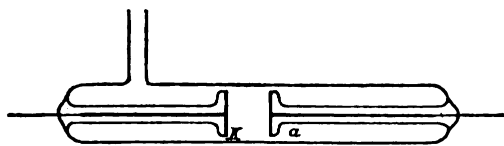


Fig. 2.

Les expériences de Ebert et Wiedemann [1], puis de R. Apt [2], ont montré que la luminescence d'un tube sans électrodes, placé sur les armatures du condensateur terminal d'un système de Lecher, ne se produit que si les étincelles primaires sont fortement amorties. La décharge traversant un tube où la pression est relativement élevée (1 mm), comme dans les expériences de ces physiciens, ne peut en effet provoquer la luminescence. Mais la luminescence se produit quand la pression dans le tube est assez basse pour que la région obscure entoure l'anode.

Toujours, quand la décharge positive traverse la région obscure pour rejoindre la lueur négative, il se produit des décharges disruptives fortement amorties.

Soit en effet un tube (fig. 3) dans lequel l'anode est un fil d'aluminium entouré de verre jusqu'à son extrémité ; cette extrémité est à 0,2 mm environ de la surface du disque qui forme la cathode. Lorsque la pression dans ce tube est descendue à 0,1 mm et que la décharge s'effectue sous une différence de potentiel de 5 000 volts, on observe déjà une résonance très nette dans le système de Lecher. Avec une anode dont l'extrémité est découverte sur une longueur de 5 mm, la décharge ne devient disruptive que sous une différence de potentiel de 15 000 volts, alors que la pression est descendue jusqu'à 0,03 mm.

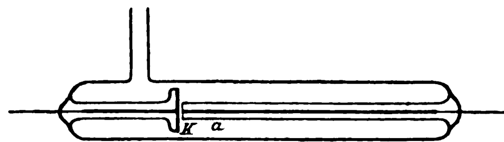


Fig. 3.

L'expérience peut être mise sous une autre forme (fig. 4) ; la décharge positive est conduite dans la région obscure par un tube de verre, dont l'extrémité est à 0,2 mm de la cathode, et dans lequel pénètre une anode très courte.

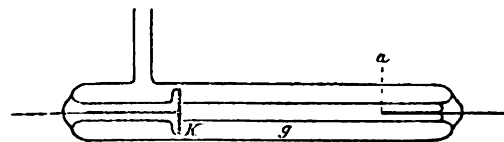


Fig. 4.

La décharge devient disruptive quand la pression a été amenée à 0,2 mm et la différence de potentiel est environ 13 000 volts : si le tube est effilé en pointe, la décharge disruptive se produit déjà à la pression de 0,3 mm sous une différence de potentiel de 6 500 volts. Le phénomène est bien dû à la région obscure qui pour ainsi dire ferme à la décharge l'extrémité du tube ; en effet, la décharge étant venue à percer la paroi du petit

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 346.

(2) *Ibid.*, p. 87.

tube en *a* et s'étant frayé ainsi un chemin qui ne traversit pas la régiona obscure, elle perdit le caractère disruptif et la lumière positive s'échappait par l'ouverture en *a*.

Le dispositif de la figure 5 permet aussi de forcer la décharge à traverser la région obscure. Le tube fermé d'une part en hémisphère est mastiqué d'autre part sur un disque en

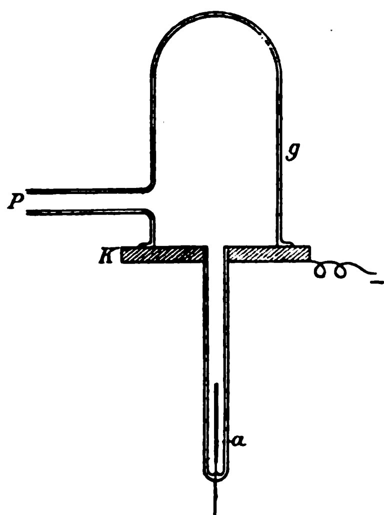


Fig. 5.

aluminium qui sert de cathode. Ce disque porte en son centre une ouverture, sur laquelle est mastiqué un autre tube étroit, du côté opposé au premier et qui renferme l'anode ; dans cet appareil, la décharge disruptive se produit déjà sous une pression relativement élevée.

Ce n'est pas simplement l'augmentation de la différence de potentiel qui est la cause du changement de nature de la décharge ; car de deux tubes laissant passer la décharge sous la même différence de potentiel, pour la même pression, mais de forme différente, celui qui remplit la condition énoncée provoque seul la résonance dans le système de Lecher.

Au lieu d'amener la région obscure à entourer l'anode, en faisant varier la pression dans le tube, on peut arriver à ce résultat en laissant la pression constante et en déplaçant mécaniquement la cathode (voir fig. 1).

Dans une série d'expériences, la cathode *k* se trouve dans la partie cylindrique du tube (fig. 6) ; dans l'autre série, elle se trouve dans la partie inférieure de l'ampoule. Afin d'étudier le renversement de l'effet de soupape, observé par M. Hagenbach [1], on fait les mesures en faisant passer le courant d'abord du

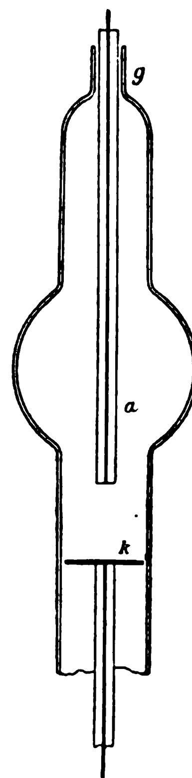


Fig. 6.

fil au disque, puis du disque au fil, des potentiels de décharge V_{sp} et V_{pl} dans les deux cas.

Les courbes des figures 8 à 11 dont les points ont pour abscisse la distance *l* des électrodes et pour ordonnée la différence de potentiel correspondante, représentent les résultats. Les trois premiers couples se rapportent aux expériences où le disque-électrode se trouve dans la partie cylindrique du tube, le quatrième aux expériences où ce disque est dans l'ampoule.

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 527.

D'après l'allure de ces courbes on voit que :

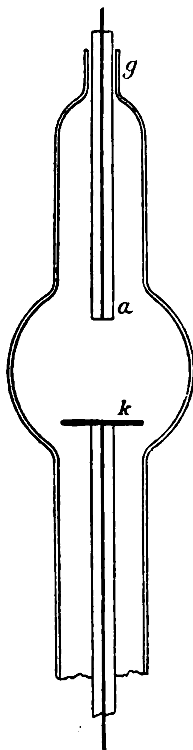


Fig. 7.

I. Si le courant va de la pointe au disque, le potentiel de décharge s'abaisse d'abord quand on rapproche les électrodes, parce que la résistance du tube diminue ; mais il s'élève de nouveau dès que la région cathodique obscure atteint l'anode : la décharge positive doit, en effet, à partir de ce moment, s'incurver pour rejoindre la lueur positive, et par conséquent parcourt un chemin plus long. Le faisceau de rayons cathodiques qui recouvre d'abord le centre du disque est repoussé de plus en plus vers les bords par la région obscure qui se forme autour du tube de verre qui entoure l'anode et il devient annulaire. Par suite, les rayons cathodiques ne rencontrent plus l'anode et n'offrent pas de chemin conducteur au courant.

Lorsque l'anode pénètre encore plus profondément dans la région obscure, celle-ci offre une résistance énorme au courant et la décharge de continue devient oscillante et fortement amortie : la différence de potentiel croît énormément.

II. Le courant passe du disque au fil.

La décharge est dès le début très inconstante et presque toujours le tube émet des oscillations intenses. Par suite de la faible surface de la cathode, l'électricité qui lui parvient ne peut pas s'écouler assez vite et il se produit des sortes de remous. Lorsque la

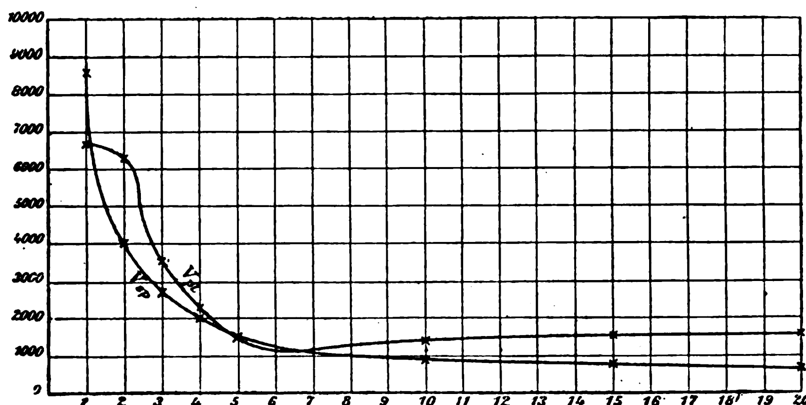


Fig. 8.

région obscure, qui est du reste moins étendue que dans le cas précédent, atteint l'anode, la différence de potentiel augmente, mais moins que précédemment.

Le faisceau de rayons cathodiques rencontre toujours le disque et maintient constamment une liaison conductrice entre les deux électrodes.

Lorsque les électrodes sont très rapprochées, la différence de potentiel augmente progressivement et non d'une manière soudaine, comme avec le courant de sens inverse.

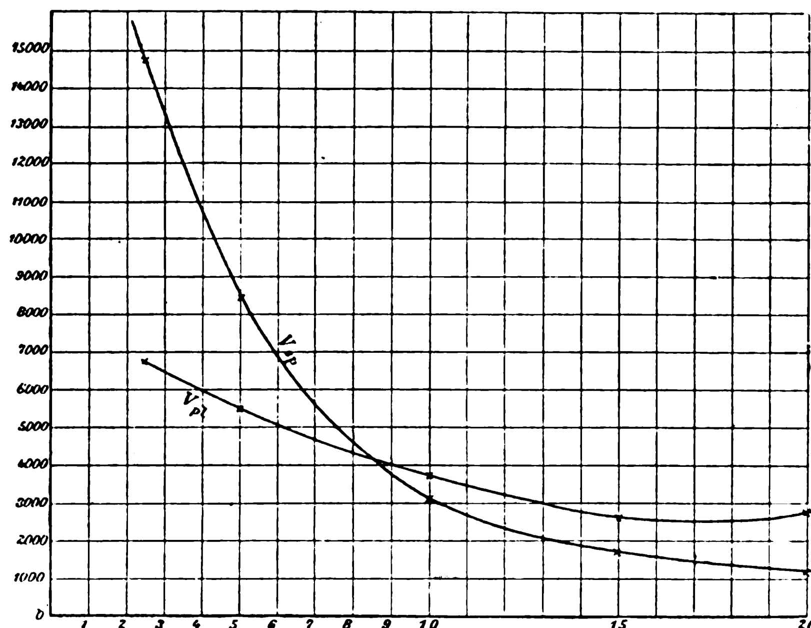


Fig. 9.

III. Le champ électrique dans la région obscure croît fortement quand on rapproche la cathode de l'anode.

IV. Ces résultats expliquent aisément le renversement des soupapes électriques observé par M. Hagenbach, que M. Wehnelt a

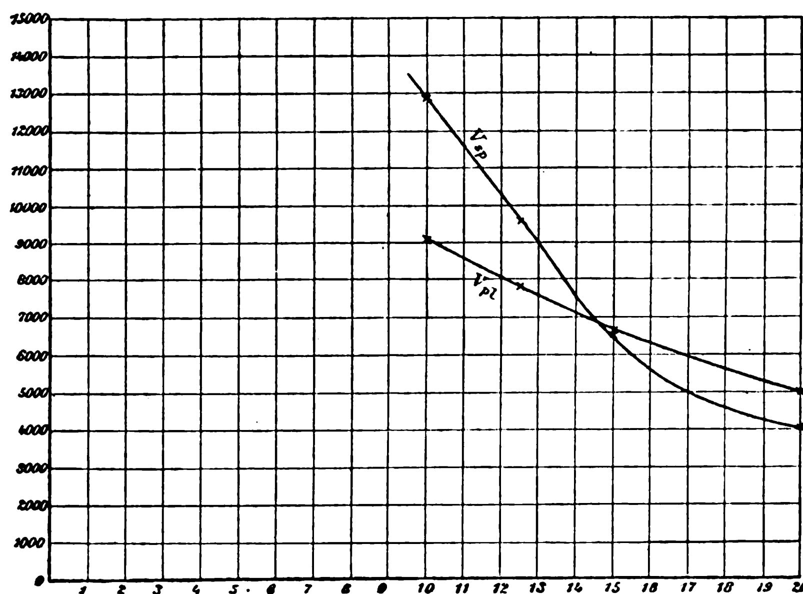


Fig. 10.

observé dans les conditions où s'était placé son devancier.

Aux pressions très basses, le courant passe plus facilement du disque à la pointe, parce

que le faisceau des rayons cathodiques rencontre toujours le disque et maintient la communication conductrice; dans le sens inverse, au contraire, la région obscure entoure l'anode et fait obstacle au courant.

Aux pressions médiocrement basses, le courant va plus facilement de la pointe au disque, parce que la région obscure n'atteint pas l'anode; dans le sens inverse, la faible surface de la cathode ne suffit pas à donner issue à toute l'électricité que lui envoie l'anode.

Le renversement des soupapes est une conséquence immédiate des propriétés de la région obscure. Du reste, des expériences anciennes de E. Wiedemann et de Hittorf

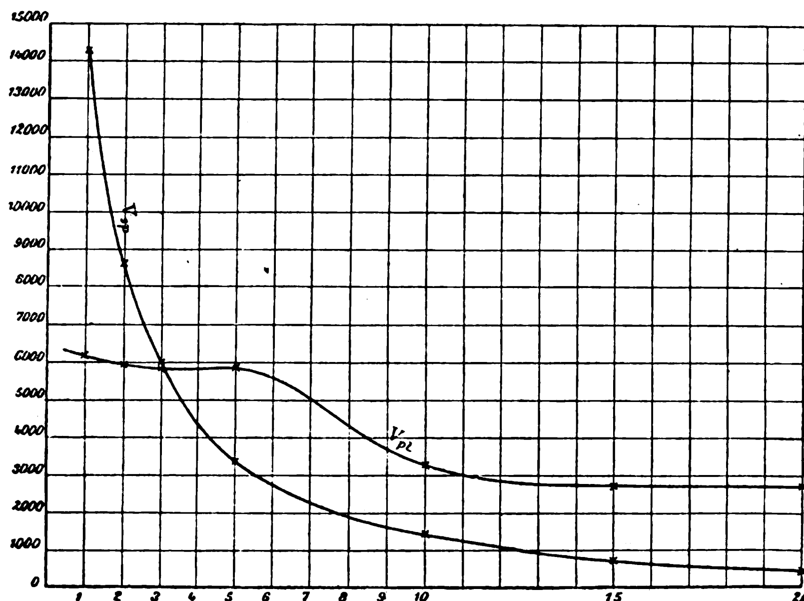


Fig. 11.

avaient déjà démontré quelle résistance élevée le courant rencontre à la cathode quand l'anode plonge dans la région obscure.

2° *Influence des parois de verre voisines de la cathode sur la forme de la décharge.*

La décharge disruptive s'observe aussi dans des tubes dont les dimensions sont telles qu'en aucun cas la région cathodique obscure ne puisse atteindre l'anode.

Pour rechercher si la région obscure ou d'autres analogues jouent ici le même rôle que précédemment, M. Wehnelt a cherché d'abord comment varient les dimensions des diverses parties de la décharge aux environs de la cathode, quand on change le diamètre du tube (supposé cylindrique) et la pression.

Il a employé trois tubes ayant respectivement 10, 20 et 30 mm de diamètre et de même longueur, 65 cm entre les électrodes; ces électrodes, en forme de disques, occupent toute la section du tube, sans cependant toucher les parois.

Au moyen d'un commutateur, on peut intercaler successivement ces trois tubes dans le circuit.

Les courbes de la figure 12, obtenues en portant les pressions en abscisses et les longueurs des régions obscures en ordonnées, montrent que :

1° Les dimensions de la région cathodique obscure augmentent quand la pression diminue; elles sont un peu plus grandes dans les tubes plus larges; mais les variations suivent à peu près la même loi dans tous les tubes.

2° Le faisceau de rayons cathodiques devient de plus en plus étroit quand la pression di-

minue; l'apparition de la décharge disruptive coïncide avec la disparition complète de ce faisceau. L'explication la plus vraisemblable de ce phénomène, c'est que les parois de verre jouent le rôle de cathode et que les régions obscures qui se forment dans leur voisinage rejettent la décharge vers l'axe du tube. Les courbes de la figure 12 représentent la variation des dimensions de ces régions obscures secondaires avec la pression. Comme la région obscure primaire, les régions obscures secondaires grandissent à peu près proportionnellement à l'abaissement de pression, puis plus rapidement, à partir d'une certaine pression; cette pression est la même que pour la région primaire.

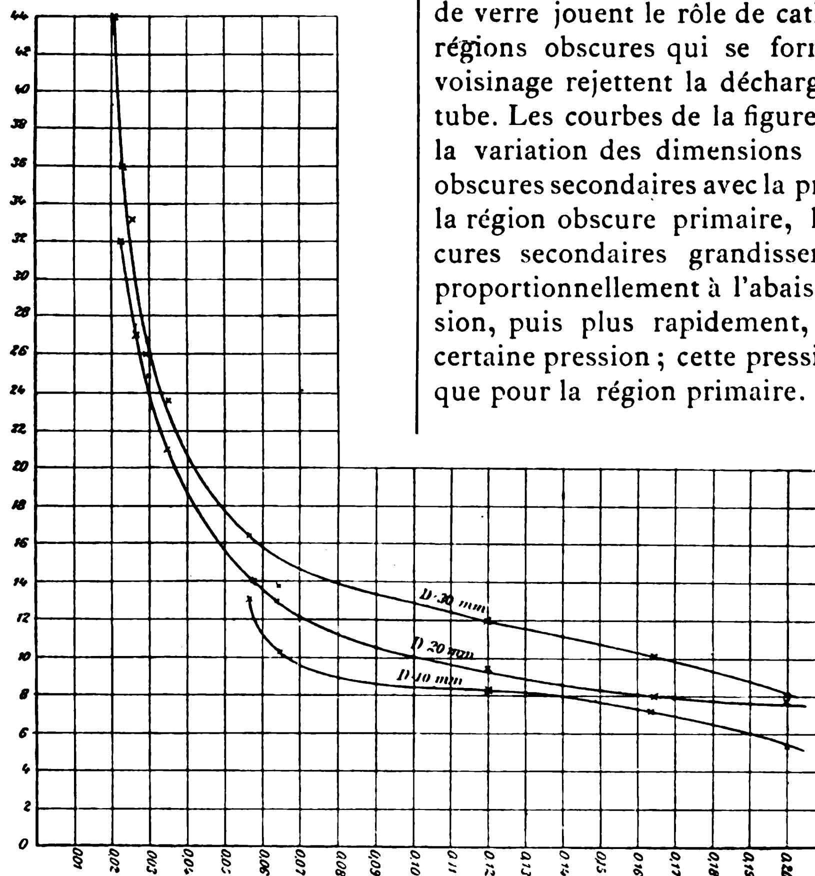


Fig. 12.

Cependant les régions secondaires ne sont pas identiques aux régions primaires; tandis

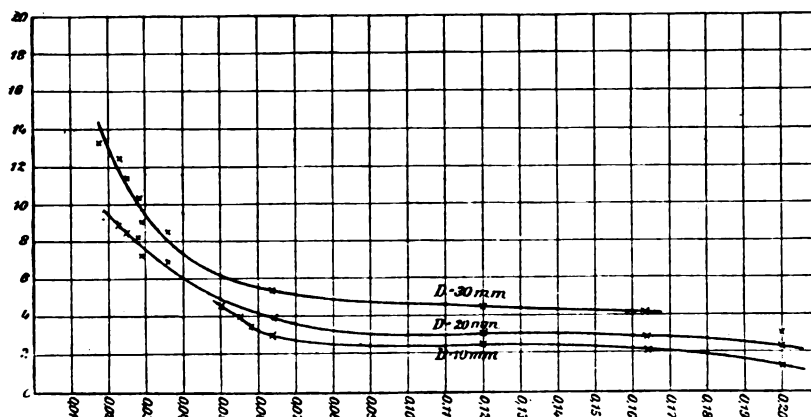


Fig. 13.

que celles-ci se repoussent l'une l'autre, les premières ont peu d'action l'une sur l'autre.

On peut observer facilement l'action mutuelle de deux régions obscures, en prenant

deux cathodes k et k_1 dont l'une est mobile et une anode constituée par une feuille d'aluminium A qui est collée sur une courte tubulure latérale (fig. 14).

Tant que les cathodes sont fort éloignées,

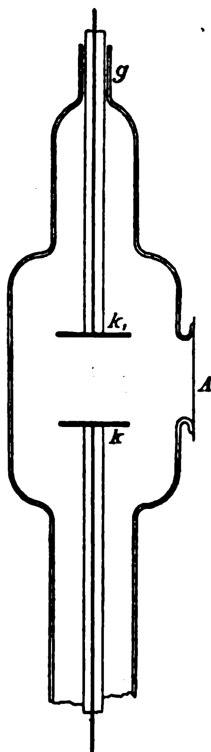


Fig. 14.

la lumière positive émanée de l'anode se partage symétriquement vers les deux cathodes. Si on les rapproche, la lumière positive est rejetée de côté et elle forme un anneau blanc au milieu des cathodes, tout près de la paroi de verre. En rapprochant encore davantage les deux disques, on voit les deux régions obscures se repousser de plus en plus ; finalement, les lueurs négatives sont elles-mêmes rejetées de côté et les surfaces résultantes [1] apparaissent. Cette surface reste ensuite nettement délimitée dans le plan équidistant des deux cathodes et on ne peut plus observer les limites des régions obscures.

([1]) Cf. E. Wiedemann, *L'Éclairage Électrique*, XII, p. 186.

Plus le tube est large, plus le potentiel de décharge est petit pour une même pression, ce qui tient sans doute à la section plus grande du faisceau cathodique. Ce potentiel augmente beaucoup, cette augmentation peut être du simple au double, quand le faisceau cathodique est coupé et que la décharge prend la forme disruptive. La différence de potentiel à laquelle la décharge devient disruptive était la même dans les trois tubes. Une élévation du potentiel de décharge se produit également quand la section du faisceau est diminuée par l'action du champ magnétique (E. Wiedemann et Ebert) [1].

Il est à remarquer que, quand la décharge

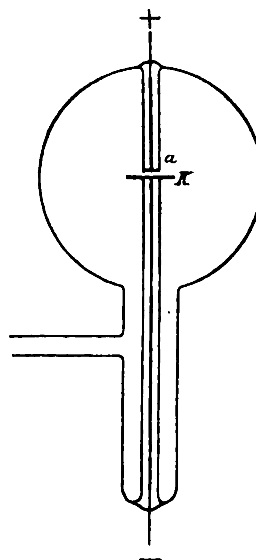


Fig. 15.

est devenue disruptive, les phénomènes cathodiques apparaissent aux deux électrodes [2] ; la décharge disruptive provoque dans le tube des oscillations par résonance.

En entourant les cathodes de verre, on peut étudier l'influence simultanée des régions obscures au voisinage des électrodes métalliques et au voisinage des parois de verre.

Un tube sphérique (fig. 15, 16) porte ou bien une cathode nue ou bien une cathode entourée

([1]) *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 445.
([2]) Cf. *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 339 et 340.

de verre ; dans les deux cas, l'anode porte une gaine de verre jusqu'à son extrémité. Avec la cathode nue, la décharge devient disruptive quand la pression est 0,04 mm et le potentiel de 14 000 volts ; avec l'autre cathode, la transformation se produit déjà à la pression de 0,12 mm et pour un potentiel de 10 500 volts.

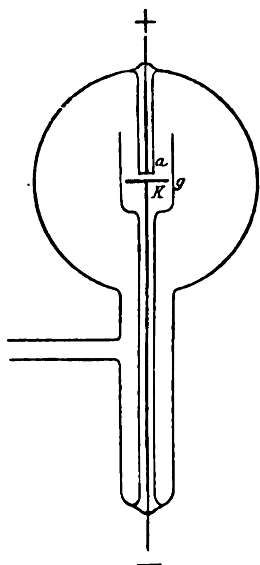


Fig. 16.

De même dans le tube de la figure 17 où le tube de verre entourant l'anode a son extrémité élargie de manière qu'elle remplisse presque toute la section, la transformation se produit déjà à la pression de 0,3 mm, tandis qu'avec le tube de la figure 2 il faut descendre à 0,14 mm.

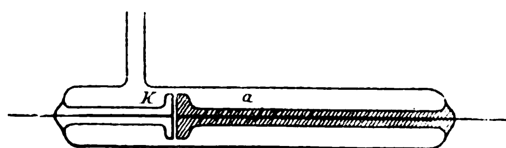


Fig. 17.

L'influence du diamètre du tube sur le faisceau de rayons cathodiques est très nette dans le tube de la figure 1. L'électrode latérale *a* sert d'anode ; la pression est de 0,02 mm. Tant que la cathode se trouve dans la partie cylindrique, le faisceau a un diamètre d'environ 5 mm. Si on déplace la cathode vers le haut, le faisceau s'élargit dès qu'elle pénètre dans la partie sphérique et il recouvre tout le disque quand celui-ci est au centre de la sphère. Dès que la cathode pénètre dans la partie cylindrique supérieure, le faisceau se resserre à son diamètre primitif. Le potentiel de décharge subit des variations correspondantes ; il est d'autant plus petit que la section du tube et par suite celle du faisceau cathodique sont plus grandes.

Si on a évacué assez le tube pour amener la décharge à être disruptive pendant que la cathode se trouvait dans la partie cylindrique inférieure, la décharge change de caractère quand la cathode arrive dans la partie sphérique et redevient disruptive quand la cathode arrive dans la partie cylindrique supérieure.

Relations entre les rayons X et les décharges disruptives dans les gaz raréfiés.

Dans toutes les expériences décrites ci-dessus, on observe une vive fluorescence sur les parois de verre voisines de la cathode, aussitôt que la décharge prend la forme disruptive. Cette circonstance donne à supposer qu'il se produit alors des rayons X, quoique relativement la pression soit élevée et le potentiel de décharge faible.

Pour rechercher si des rayons X se produisent réellement, M. Wehnelt dispose l'appareil comme le montre la figure 18. Le tube cylindrique assez étroit porte une cathode concave *k* et une anode en platine *a*, inclinée à 45° de l'axe. Sur une tubulure latérale très courte est mastiquée une feuille d'aluminium très mince A, qui laisse facilement passer les rayons X. Immédiatement en avant de cette feuille d'aluminium se trouve un écran fluorescent ; et le radioconducteur est placé au voisinage immédiat du tube. A la pression de 0,2 mm, sous un potentiel de décharge de 7 000 volts environ, on constate la première trace de rayons X et en même temps une réaction du radioconducteur ; à la pression de

0,12 mm, les deux phénomènes deviennent très nets.

De cette expérience et d'autres expériences qualitatives, M. Wehnelt croit pouvoir conclure que la décharge disruptive fortement amortie constitue précisément la forme particulière de décharge à laquelle Rœntgen et d'autres attribuent le rôle principal dans la production des rayons X. Ces rayons se produisent d'abord à la suite d'une perturbation

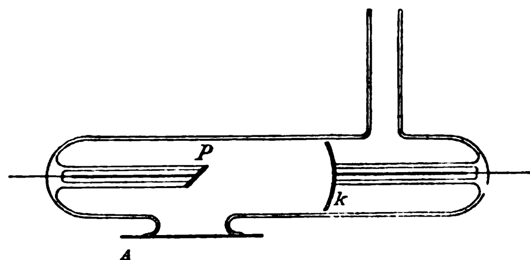


Fig. 18.

brusque, comme le choc rapide de particules chargées contre un corps solide.

Par conséquent, les circonstances qui favorisent l'apparition de la décharge disruptive fortement amortie, doivent favoriser également la production des rayons X.

Effectivement on a constaté qu'on améliore l'émission des rayons X, en mettant dans le circuit du tube un intervalle explosif, ce qui provoque des décharges disruptives fortement amorties. Cependant si le tube de Crookes fonctionnait bien auparavant, l'intervalle explosif est désavantageux. Il n'y a pas contradiction; dans ce dernier cas, en effet, le tube émettait déjà des ondes, comme il est facile de s'en assurer avec le radioconducteur, et l'intervalle explosif a seulement pour effet de diminuer l'intensité du courant. Placé devant un tube doux, l'intervalle explosif augmente le pouvoir pénétrant des rayons émis.

D'après ce que nous avons vu, un tube suffisamment évacué pour que la décharge y prenne la forme disruptive, doit agir comme un intervalle explosif, quand on l'insère dans le circuit d'un tube de Crookes; c'est en effet ce qui a lieu.

L'influence de la construction du tube s'explique aussi bien dans cette manière de voir. Pour obtenir un bon rendement :

1° La distance entre la cathode et l'anode (ou l'anticathode) doit être aussi petite que possible, afin que la région cathodique obscure enveloppe l'anode (ou l'anticathode).

2° La cathode doit être le plus petite possible et enveloppée d'un tube de verre aussi étroit que possible, afin que les régions cathodiques obscures secondaires qui prennent naissance auprès des parois de verre interrompent le faisceau cathodique aussitôt que possible.

En fait, ces conditions se trouvent réalisées dans les tubes appréciés comme donnant un fort rendement.

1. Allgemeine Elektricitæts-Gesellschaft : la cathode est très petite et placée dans un tube très étroit; le faisceau cathodique est bientôt interrompu;

2. Siemens et Halske et autres : tubes cylindriques, favorisant également l'interruption du faisceau cathodique.

3. Colardeau; la distance entre l'anode et la cathode est très petite et les rayons X apparaissent alors que la pression est relativement élevée.

4. Swinton recommande de rapprocher le plus possible la cathode de l'anode, de la faire très petite et de l'engainer dans un tube de verre, très voisin de la paroi du tube, mais sans la toucher.

5. Righi et d'autres trouvent que dans les tubes cylindriques très étroits, les rayons X se produisent à une pression notablement plus élevée que dans les tubes larges.

M. L.

CHRONIQUE

Transmission à longue distance de Plunkett's Falls à Barton. — Dans un de ses derniers numéros, *The Electrical Engineer*, de New-York, nous fournit quelques renseignements sur un intéressant transport d'énergie utilisant le système monocyclique.

La chute de Plunkett, de 25 m de hauteur, est située à 25 km environ de Barton. Un barrage de 24 m de longueur détourne la rivière dans une canalisation sous pression faite d'épaisses planches de bois dur maintenues par des frettes en fer et longue d'environ 300 m, qui amène l'eau à l'usine génératrice. Dans cette usine est installée une turbine Leffel de 500 chevaux, faisant 350 tours par minute, accouplée par courroies à deux alternateurs monocycliques G. E de chacun 100 kilowatts de puissance, donnant, à une vitesse de 900 tours par minute, un courant de 1 040 volts de tension. Ces alternateurs ne diffèrent du type ordinaire des alternateurs à courant alternatif simple que par l'addition sur l'armature d'un enroulement supplémentaire produisant un décalage de la force électromotrice pour le démarrage des moteurs. La tension du courant produit par les alternateurs est élevée à 5 720 volts au moyen de quatre transformateurs de 40 kilowatts refroidis par un courant d'air. A Barton sont disposés quatre transformateurs du même type et de même puissance ramenant la tension à 1 040 volts; l'air nécessaire au refroidissement de ces transformateurs est lancé par deux compresseurs actionnés, l'un par un moteur à eau alimenté par les conduites de la ville, l'autre par un moteur électrique; le premier de ces compresseurs est ordinairement employé. La distribution est faite sous 1 040 volts à des sous-stations où des petits transformateurs abaissent la tension à 113 volts entre deux des conducteurs du réseau à trois fils qui alimentent environ 2 000 lampes de 16 bougies, tant pour l'éclairage public que pour l'éclairage privé.

L'usine génératrice fournit également le courant nécessaire à 800 lampes installées à Island Pont, à 21 km de l'usine.

Les frais d'exploitation des ascenseurs électriques. — Nous avons déjà donné dans ce journal quelques renseignements sur ce sujet. M. W.-C.-C. Hawtayne, dans une communication faite à la Northern Society of Electrical Engineer, le 9 mai dernier, sur les ascenseurs électriques, nous fournit de nouveaux renseignements d'après des essais faits sur un ascenseur Otis installé depuis quatre ans dans les bureaux de la Sun Insurance Company de Glasgow.

CHARGE	POIDS	TEMPS EN SEC.		AMPÈRES	DÉPENSE à 0,10 fr le kw : h	DÉPENSE TOTALE	DÉPENSE TOTALE à 0,50 fr le kw : h
1 homme . .	67 kg	Montée. . .	24	1,5	0,022	0,468 c.	2,341 c.
		Descente. .	25	26	0,446		
2 hommes. .	130 »	Montée. . .	25	4	0,061	0,385 »	1,925 »
		Descente. .	28	19	0,324		
3 » . .	206 »	Montée. . .	26	7	0,118	0,376 »	1,888 »
		Descente. .	28	15	0,256		
4 » . .	270 »	Montée. . .	26	10	0,157	0,326 »	1,630 »
		Descente. .	28	10	0,169		
5 » . .	342 »	Montée. . .	26	15	0,231	0,346 »	1,730 »
		Descente. .	27	7	0,115		
6 » . .	411 »	Montée. . .	26	19	0,302	0,384 »	1,920 »
		Descente. .	27	5	0,082		
7 » . .	474 »	Montée. . .	27	25	0,413	0,444 »	2,222 »
		Descente. .	26	2	0,031		
8 » . .	552 »	Montée. . .	29	29	0,500	0,515 »	2,575 »
		Descente. .	25	1	0,015		

Cet ascenseur est construit pour élever une charge de 450 kg; sa course est de 24 m; sa vitesse de 52 m environ par minute. Le moteur qui l'actionne est alimenté par un réseau à 220 volts. Le tableau ci-joint donne les résultats des essais. La cinquième colonne indique les dépenses en centimes d'une montée et d'une descente, l'énergie étant comptée à 0,10 fr le kilowatt-heure; la sixième, la dépense totale d'une montée et d'une descente pour un prix de l'unité d'énergie; la septième, la dépense totale, l'énergie étant comptée à 0.50 fr le kilowatt-heure.

L'emploi des hauts potentiels sur les chemins de fer électriques. — La maison Brown Boveri, de Bade, après le succès de la première expérience de Lugano, a eu à construire en Suisse deux chemins de fer électriques à courants triphasés; l'un est un chemin de fer de montagne entre Zermatt et le Gornergratt, l'autre est une ligne à grand trafic entre Thun et Burgerdorf.

Le développement de ces lignes étant déjà considérable, la maison Brown a proposé l'emploi d'une tension de 750 volts, comme celle qui, étant données les conditions spéciales de l'installation, permettrait le système de courant secondaire le plus économique. Elle proposait en outre un système unique de supports portant soit les lignes secondaires, soit les lignes primaires à potentiel naturellement plus élevé.

La Commission des chemins de fer suisses qui avait à examiner le projet, s'est élevée en principe contre cette installation pour des raisons de sécurité. La maison Brown a répondu en donnant l'avis de trois experts dont les noms sont parmi les plus autorisés de l'électrotechnique moderne : G. Kapp, secrétaire général de l'Association électrotechnique de Germanie; Silvanus Thompson, professeur à Finsbury College de Londres; H.-F. Weber, professeur au Polytechnicum de Zurich.

G. Kapp ne trouve aucune justification technique à l'insistance de la Commission des chemins de fer à limiter la tension à 500 volts, tension qu'il trouve aussi périlleuse que celle de 750 volts. En outre, le péril peut augmenter au point de vue pratique, parce que cette tension de 500 volts peut faire naître une fausse idée de sécurité qui est plus dangereuse qu'utile.

En matière de sécurité, il faut être absolu; une sûreté relative entraîne une certaine confiance qui peut amener à manipuler le courant sans précaution, tandis qu'on l'aurait certainement évité s'il était bien dans l'esprit de chacun qu'un simple contact avec une partie quelconque parcourue par le courant est certainement mortel.

Kapp ne cherche pas quel est le voltage limite pour la sécurité des personnes qui sont en contact avec la ligne, parce que le voltage que l'on doit employer pratiquement sera toujours dangereux; mais il discute comment on peut garantir les individus dans le cas de chute des conducteurs au sol.

Deux cas peuvent se présenter. Le conducteur rompu forme un court-circuit de très faible résistance avec la terre ou avec un autre conducteur; alors le coupe-circuit fond et interrompt instantanément et automatiquement la distribution de l'énergie au conducteur intéressé. Ou bien, au contraire, le contact avec la terre n'est pas très bon; l'intensité est insuffisante pour faire fonctionner le coupe-circuit. Il faut alors recourir à un moyen mécanique d'interruption du courant, ce qui est faisable. Aussi, suivant Kapp, il s'agit au point de vue de la sécurité de distribuer sur tout le réseau un important système de coupe-circuits fusibles ou autres, de façon que tout conducteur rompu ne reçoive plus le courant. C'est le problème posé par Kapp et qu'il déclare parfaitement résoluble.

Thompson, de même que Kapp, trouve qu'il n'y a pas lieu de limiter la tension dangereuse à 500 volts et cite des cas de foudroiement à 300 volts. Il conclut en disant que rendre sûre une ligne à trôlet de 500 à 1 500 volts n'est qu'une pure question de bonne technique.

Weber a donné les résultats d'une série d'expériences sur la limite de sûreté du voltage pour les courants alternatifs. Ces expériences ont été déjà rapportées dans ce journal (t. XV, p. 42), nous citerons seulement ici la conclusion relative aux chemins de fer.

« Ainsi on peut dire que l'emploi des hautes tensions dans les courants alternatifs utilisés pour l'exploitation des chemins de fer est excessivement périlleuse; mais dans l'exploitation, des années se passeront avant que la tension produise un accident de personne.

» Le péril des hautes tensions me semble bien peu de chose à côté des autres périls qu'offre l'exploitation d'un chemin de fer en général. Rien de plus périlleux qu'un train qui marche durant la nuit à une vitesse de 60 ou 70 km à l'heure et qui peut, par un simple accident, compromettre d'un seul coup la vie d'une dizaine de personnes.

» Les hautes tensions sur les fils de service sont nécessaires pour obtenir un exercice économique des lignes de grand développement, et une limitation injustifiée, à cet égard, entraverait l'exercice des chemins de fer électriques. »

Il résulte donc de cela qu'au lieu de chercher la limite du voltage les techniciens doivent chercher à préserver les voyageurs et les employés par des dispositions convenables. G.

Le bateau électrique du gouvernement russe. — Dans notre *Supplément* du 3 septembre nous signalions la construction d'une flottille de chaloupes électriques pour le gouvernement russe. Voici quelques renseignements techniques sur l'une de ces chaloupes construite, sur l'ordre du ministère impérial de la marine russe, par la Tril Launches Company, de Saint-Helen's et Cowes (île de Wight).

Sa longueur est de 9,75 m ; sa largeur de 2,45 m et sa profondeur de 1 m ; il peut facilement transporter 20 voyageurs ; il est construit en acajou et garni en bronze nickelé. La batterie d'accumulateurs est formée de 40 éléments E. P. S. type Faure-King, enfermés dans des boîtes en ébonite hermétiques et placés sous les sièges. Tous les éléments sont groupés en tension d'une façon permanente, le réglage de la vitesse par groupement des batteries en tension et en quantité ayant été rejeté, afin de permettre à tous les éléments de se décharger régulièrement. Le moteur, du type vertical, placé dans un coffre en bois verni au centre du bateau, est à deux enroulements indépendants et l'armature a deux collecteurs, un à chaque extrémité. Le réglage de la vitesse se fait en groupant ces deux enroulements en tension ou en quantité comme dans le réglage série-parallèle des moteurs de tramways.

Avec une puissance de 10 chevaux électriques, la vitesse en eau calme est de 18,5 km : h. La durée de marche sans rechargement est, dans ces conditions, de quatre heures ; avec une puissance électrique de 5 chevaux, la durée de marche est de huit heures et la vitesse n'est que très peu diminuée, en sorte que le parcours total est sensiblement augmenté.

Le poids du matériel moteur est d'environ 2,5 t.

La jurisprudence et les courants électriques. — Il y a quelque temps le tribunal de l'Empire allemand a décidé que le détournement d'un courant électrique ne pouvait être considéré comme un vol, le Code pénal n'ayant pas prévu ce cas et contenant par suite une lacune à cet égard. Le tribunal fédéral a en effet confirmé l'acquittement prononcé par une première instance, à défaut de l'existence en Allemagne d'une disposition pénale spéciale.

Cette décision a mis à l'ordre du jour la question de savoir si la force électrique est une chose matérielle, et si elle peut par conséquent faire l'objet d'un vol, ou s'il est plus juste de considérer un usage illicite de l'électricité comme une fraude ou un dommage causé à une chose. De l'avis du professeur Dr F. Meili, qui a étudié cette question dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, et dont l'autorité en matière de législation électrique et surtout de droit télégraphique est bien connue, un vol se détermine beaucoup moins par la circonstance que la chose est réellement meuble, que par le fait qu'il s'agit d'un bien n'ayant pas le caractère d'un immeuble. La force électrique a une importance et une valeur industrielle et commerciale qui sont indiscutables, c'est donc bien une chose sur laquelle des droits peuvent être exercés. Elle a été reconnue comme telle en droit privé sans contestation ; mais les juristes n'ont pas étudié d'une manière approfondie les questions qui se rattachent à l'électricité et à son utilisation dans la vie civile.

En examinant les questions de droit privé que soulève l'application de l'électricité à la production de la force, de la lumière, de la chaleur, on verra combien il serait avantageux de définir plus exactement la nature de l'électricité.

Nature juridique du rapport contractuel créé par la cession d'une force électrique. — Considérons le cas où un entrepreneur s'engage à entretenir continuellement, pour la consommation, dans une ligne, de l'électricité d'une certaine tension pour la production de force motrice, éclairage ou chauffage. Quelle devrait être la définition juridique exacte de la livraison d'un courant électrique ? Cette livraison constitue-t-elle un achat ou un louage (louage d'une chose ou d'un service), un louage d'ouvrage ou un bail à ferme, ou faut-il enfin renoncer à la revêtir des formes contractuelles que connaît le droit privé actuel ?

Si c'est un achat, quel est réellement l'objet ou la chose mise en la possession ou puissance de l'acquéreur ? Telle est la question que l'on se pose si on considère, comme le Code civil allemand, l'obligation du vendeur de livrer une chose et de la

mettre en la possession de l'acquéreur; et, d'après ce même Code civil, dans le sens de la loi, les choses ne sont que des objets matériels. Le code fédéral suisse s'exprime avec plus de circonspection : par le contrat de vente, le vendeur s'oblige à transférer à l'acheteur la pleine propriété et la jouissance de la chose vendue. Mais il resterait encore une objection : la force électrique n'est pas une chose, c'est un moyen de produire des effets.

En Angleterre, la loi se contente de la définition qu'il ne faut entendre par électricité que l'électricité elle-même, un courant électrique, ou quelque autre agent semblable. Les écrivains disent qu'on ne peut pas plus parler de la livraison de l'électricité que de celle de la pesanteur ou du mouvement.

On peut néanmoins admettre la vente en considérant la force électrique comme un objet d'un caractère essentiellement moderne.

Ludewig envisagea la question d'une autre façon. D'après lui, les contrats relatifs à l'électricité sont des contrats de prestation de travail et notamment un louage de service. Il ne s'agit pas d'un louage d'ouvrage, le contrat n'ayant pour objet que la production d'une force génératrice et non celle d'un produit économique, c'est-à-dire d'un ouvrage ayant une valeur et une importance économique intrinsèques.

On peut aussi admettre un louage de chose. Le fournisseur met son usine à la disposition d'un locataire pour qu'il en fasse usage, par ce seul fait qu'il produit le courant à son intention ou le tient à sa disposition. Il est vrai que le louage est relié à une prestation de service d'hommes, puisqu'on doit donner le mouvement aux machines, les manier et les soigner. Ce point de vue est secondaire, c'est la production mécanique de la force qui l'emporte. Il est fait consommation de force électrique, mais le louage se rapporte précisément à l'usage des machines qui restent la propriété du fournisseur. Sans que l'on doive considérer cette observation comme décisive, le professeur Meili fait remarquer que, dans tous les cas où il a été appelé à donner son avis, les formules de contrat du commerce et de l'industrie partent régulièrement du point de vue que la livraison d'un courant électrique constitue un louage; une seule fois il a trouvé l'expression, contrat de force. L'observation est aussi confirmée par d'autres jurisconsultes.

L'image juridique du bail à ferme ne se retrouve guère dans ces contrats, quoiqu'une force hydraulique soit considérée comme un objet de fermage.

Le D[r] Meili hésite à regarder la livraison du courant comme un achat ou un louage de chose, il préférerait pourtant l'achat, si l'on considère la force électrique comme un objet de droit moderne de nature particulière.

La responsabilité juridique et la garantie obligatoire des fournisseurs de courant électrique. — Celui qui reçoit le courant est tenu de le payer suivant le contrat (prix d'achat, fermage); mais jusqu'où s'étend l'obligation de garantie du fournisseur du courant, notamment quand la livraison n'est pas homogène, ou bien est défectueuse ou irrégulière? L'idée d'achat semble ici la plus juste. L'obligation de la garantie pour le vendeur a ses effets, lorsque la chose vendue a des défauts qui en détruisent ou diminuent du moins dans une mesure considérable la valeur et l'utilité.

La nature contractuelle de la livraison des courants électriques donne matière à controverse, aussi est-il bon d'énoncer exactement dans les contrats les conséquences juridiques résultant des interruptions de l'exploitation, ainsi que d'une transmission irrégulière du courant.

Dans le cas d'une interruption de force majeure, il est juste de ne rien payer pour le courant aussi longtemps que le service reste interrompu. S'il s'agit d'un tramway électrique, il conviendra de fixer le montant de l'indemnité à payer par kilomètre de trajet réglementaire de la voiture, et de spécifier le générateur de force qui devra suppléer le courant électrique dans le cas d'une interruption de plus de deux jours et, à défaut de ce générateur, l'indemnité à payer par le fournisseur.

Le fournisseur d'un courant électrique peut-il s'opposer en droit à ce que cette force soit appliquée à un usage autre que celui qui avait été primitivement en vue, même si ce cas n'a pas été prévu dans le contrat? — Le D[r] Meili se prononce négativement, si le contrat ne stipule expressément aucune disposition contraire. Il fut récemment consulté pour savoir si un fournisseur de courant électrique qui avait à livrer un certain nombre de chevaux, était en droit de s'opposer à ce que la force électrique ne fût pas employée uniquement à la traction, mais aussi à la transformation en lumière électrique pour l'éclairage du dépôt et autres dépendances du tramway. Le point pratique était celui-ci : dans le contrat, le prix du kilowatt-heure était fixé à 0,15 fr; le fournisseur réclamait ensuite 0,45 fr pour les kilowatts-heure employés à l'éclairage. Le D[r] Meili fit valoir que rien dans le contrat n'indiquait un usage unique

de la force électrique, l'usage n'ayant pas été érigé en objet du contrat. D'ailleurs l'entreprise du tramway éclairait également ses voitures au moyen de l'électricité. L'éclairage du dépôt et autres dépendances devait donc être placé dans les mêmes conditions que celui des voitures, il s'agissait d'une annexe juridique du tramway.

L'application de la force électrique est liée à nombre d'autres problèmes; nous ne ferons qu'en citer quelques-uns.

Elle permet d'ajouter une notion nouvelle à la doctrine des servitudes, car elle offre la possibilité de créer des rapports de cette nature à des distances considérables.

La force électrique peut-elle être affectée, ou bien dans quelle mesure et de quelle manière peut-on hypothéquer les stations électriques primaires et centrales, alors même qu'elles sont complètement éloignées l'une de l'autre?

Il y a en outre à déterminer si les services télégraphiques et téléphoniques de l'État sont autorisés par privilège à l'usage des chaussées, rues et places publiques, et si elles ont un droit à la protection contre l'induction créée par les lignes privées.

Une autre question est celle de savoir si les propriétaires de maisons ont un droit à des dédommagements, quand le service des tramways ou d'autres systèmes électriques cause des bruits préjudiciables à l'usage de ces immeubles.

Il faudrait examiner aussi si l'on ne pourrait pas accorder le droit d'expropriation aux entreprises exploitant des réseaux à forts courants.

Il se formera ainsi dans un avenir rapproché une matière que l'on peut résumer sous le nom collectif de domaine du droit électrique. Le Congrès international des électriciens qui a eu lieu à Francfort-sur-le-Mein le 8 septembre 1891, a décidé aussi pour ces raisons de fonder une section en vue de l'établissement des principes fondamentaux d'une législation électrotechnique.

L'étude du Dr Meili est une contribution importante à l'élucidation d'une question qui semble présenter de grandes difficultés pour les juristes. L'électricien ne pourrait être embarrassé à ce sujet. Si l'on hausse l'eau et l'emploie à des turbines, si l'on brûle de la houille et emploie une force créée par la vapeur dans le but de produire une certaine chose, celle-ci doit avoir une valeur matérielle; une appropriation illicite de cette chose est donc aussi coupable que le vol d'un des objets ou matières qui servent à sa production.

Les Sociétés d'électrotechniciens de Francfort-sur-le-Mein et de Leipzig proposèrent à l'Union allemande des ingénieurs électriciens d'étudier la question de la protection contre le vol de l'électricité. Une commission fut alors chargée d'élaborer une pétition au Chancelier de l'Empire et au Ministre du Commerce de Prusse. La pétition, transmise en janvier 1897, contenait la proposition suivante :

Ajouter à l'alinéa 1er de l'article 242 du Code pénal de l'Empire le passage suivant :

« La même peine sera infligée à celui qui distraira du travail d'une usine exploitée par un tiers pour la production d'une force, en vue de se l'approprier illicitement. »

Il n'est fait mention ni d'électricité, ni de courant, mais d'un travail en général.

Le Gouvernement répondit à cette requête que la question était à l'étude.

Ce qui rendrait grand service aux jurisconsultes ce serait les analogies que le technicien emploie. Ainsi si on dérobe de l'eau à un meunier, au-dessus de sa roue, on lui cause un dommage qui est punissable. Dérobe-t-on au contraire l'eau au-dessous de la roue, il n'y a plus préjudice. Il a été volé de l'eau dans les deux cas, mais ce n'est pas le détournement illicite de l'eau en lui-même, qui porte un préjudice au meunier, mais seulement le vol du travail que représente l'eau. On peut supposer que l'eau n'est pas volée, mais conduite dans le canal de décharge, en dessous de la roue.

La représentation suivante d'une usine et de ses abonnés est aussi claire : supposons une série d'usines hydrauliques empruntant de l'eau à un réservoir supérieur pour la décharger dans un autre situé plus bas. Une installation de pompes à vapeur remonte l'eau du réservoir inférieur au réservoir supérieur, les pompes et les réservoirs appartiennent à une entreprise recevant de chaque usine pour le travail qu'elle lui fournit un payement proportionnel. Si une personne distrait de l'eau du réservoir supérieur et la ramène à l'inférieur, elle ne dérobe pas de l'eau mais du travail. De même on ne dérobe pas un courant électrique, mais du travail électrique en établissant à l'insu d'une usine un raccordement à son réseau. Les jurisconsultes considéreraient certainement le détournement du travail représenté par l'eau comme un vol, ils devraient donc aussi juger de la même manière le détournement du travail du courant électrique. G.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 22 Octobre 1898 6e Année. — N° 43.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

SUR LE CHAMP MAGNÉTIQUE AU CENTRE D'UNE BOBINE CYLINDRIQUE

ET LA CONSTRUCTION DES BOBINES DE GALVANOMÈTRES

1. Pour la construction de certains appareils (en particulier des galvanomètres), on est amené à calculer les constantes d'une bobine qui, dans des conditions déterminées, donne dans sa partie centrale le champ magnétique le plus intense possible.

Le problème ainsi posé se décompose en un grand nombre d'autres selon les conditions que l'on suppose données *a priori*, selon par exemple que l'on suppose déterminées les dimensions de la bobine, ou le diamètre du fil, ou sa résistance; selon que l'on suppose donnée l'intensité du courant, ou la nature de la source qui le produit.

C'est cette dernière condition que l'on rencontre le plus souvent : le circuit extérieur ayant une résistance donnée R_1, il faut construire la bobine de telle manière que, pour une force électromotrice donnée, le champ soit maximum.

Un premier résultat bien connu conduit à *choisir la section du fil de telle manière que la résistance de la bobine soit égale à celle du circuit extérieur*. Si, en effet, on multiplie par D le diamètre du fil sans changer les dimensions de la bobine, on voit facilement que sa résistance est multipliée par $\frac{1}{D^4}$, tandis que le champ magnétique correspondant à l'unité de courant est multiplié par $\frac{1}{D^2}$. Ce champ varie donc comme la racine carrée de la résistance de la bobine; si R est cette résistance, le courant I produira un champ $\mathcal{H} = AI\sqrt{R}$. D'autre part $I = \frac{E}{R + R_1}$, E étant la force électromotrice et R_1 la résistance du circuit extérieur. Donc :

$$\mathcal{H} = AE\frac{\sqrt{R}}{R + R_1}$$

quantité qui est maximum pour $R = R_1$.

La même condition subsiste quelle que soit la forme de la bobine, et par suite aussi si ses dimensions ne sont pas données *a priori*, car si, une fois la bobine construite, la condition $R = R_1$ n'était pas satisfaite, on pourrait accroître le champ magnétique par un simple changement dans le diamètre du conducteur.

Il résulte de là que l'on doit considérer la résistance de la bobine comme donnée, et le problème se pose ainsi : *construire une bobine de résistance donnée, qui donne le champ maximum pour un courant d'intensité égale à l'unité.*

Lord Kelvin a résolu ce problème en supposant seulement que la bobine est de révo-

lution. La forme bien connue que l'on est amené à donner à la gorge est, indépendamment des difficultés de construction, à peu près inutilisable, puisque la partie centrale de la bobine ainsi construite n'est pas percée. Si l'on supprime la partie centrale pour ménager l'ouverture nécessaire, on change les conditions du problème et on ne sait pas du tout quelle modification on fait subir au champ magnétique.

D'ailleurs, pratiquement les bobines à gorge rectangulaire (bobines cylindriques) présentent de telles facilités de construction que c'est presque toujours cette forme que l'on emploie. On détermine souvent la gorge par le rectangle circonscrit à la courbe de lord Kelvin; cette solution est, au moins en théorie, bien peu satisfaisante. Il est bien préférable de traiter le problème directement.

2. Je supposerai donc une bobine à gorge rectangulaire. Je me propose d'exposer l'usage de tableaux numériques et de graphiques permettant de calculer rapidement la valeur du champ magnétique au centre d'une bobine donnée, et de résoudre facilement la plupart des problèmes que l'on peut se poser à propos de l'intensité de ce champ.

Dans tout ce qui suit, les longueurs seront exprimées en centimètres, les résistances en ohms, les intensités en ampères, et les champs magnétiques en unités C. G. S.

Soit XY l'axe de la bobine (fig. 1, A); ABCD la section de la gorge. Nous poserons :

OA $= a$ rayon intérieur,
OD $= a'$ rayon extérieur,
CD $= 2b$ longueur de la bobine.

Soient en outre

D le diamètre *extérieur* du fil recouvert,
l sa longueur,
R la résistance de la bobine.

On peut écrire :

$$R = \rho \frac{l}{D^2}$$

La constante ρ est la résistance d'un fil *semblable* au fil donné, ayant 1 cm de diamètre et 1 cm de longueur. Pour du cuivre nu, $\rho = 2 \times 10^{-6}$ environ.

Pour du fil recouvert, il faudra multiplier ce nombre par le carré du rapport du diamètre

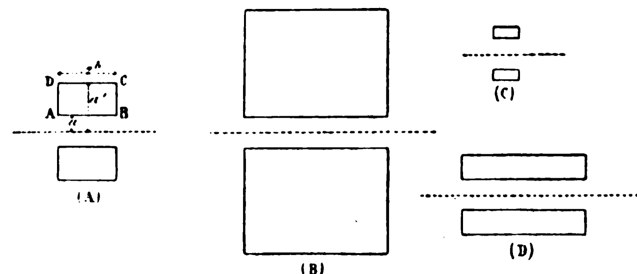


Fig. 1.

extérieur au diamètre du métal. Il en résulte qu'en général, ρ sera plus grand pour des fils fins que pour de gros fils. On peut toujours le supposer connu pour un fil donné, et sa valeur, variable d'un échantillon à l'autre, croît assez lentement lorsque le diamètre diminue.

Ceci posé, le volume de la bobine est

$$V = 2\pi (a'^2 - a^2) b \qquad (1)$$

Le fil devant remplir la gorge on a $l = \frac{V}{D^2}$ et par suite

$$R = \frac{V\rho}{D^4} = \frac{2\pi\rho}{D^4}(a'^2 - a^2) b \qquad (2)$$

Enfin, le champ magnétique pour le courant de 1 ampère [1]

$$G = \frac{4\pi b}{10 D^2} \text{Log} \frac{a' + \sqrt{a'^2 + b^2}}{a + \sqrt{a^2 + b^2}}. \qquad (3)$$

On suppose R donné. Si les dimensions de la bobine ont été choisies, l'équation (2) donne le diamètre D du fil, et (3) donne la constante G de la bobine. On est ainsi conduit à des calculs assez compliqués, et si l'on veut rechercher les dimensions les plus avantageuses de la bobine, les tâtonnements seront extrê-

[1] Voir par exemple Mascart et Joubert, t. II, p. 90. — Le symbole Log désigne les logarithmes Népériens, et log les logarithmes vulgaires.

mement longs. D'autre part, il n'est pas facile de réduire directement en tables numériques les formules précédentes à cause du grand nombre de variables qui y entrent. Une transformation très facile permet de simplifier beaucoup le problème.

3. Remarquons que le rayon intérieur a de la bobine sera ordinairement déterminé par l'usage que l'on se propose d'en faire; par exemple, dans une bobine de galvanomètre ce rayon sera déterminé par la dimension de l'équipage mobile. *On doit donc considérer a comme une donnée.* Il est par suite naturel de définir la bobine par la longueur a et les rapports

$$\alpha = \frac{a'}{a} \quad \beta = \frac{b}{a};$$

α et β sont les rapports du diamètre extérieur et de la longueur au diamètre intérieur. Ces deux quantités définissent la *forme* de la bobine indépendamment de sa dimension. Avec ces notations, les formules (1) et (3) deviennent (en remplaçant dans cette dernière D par sa valeur).

$$V = a^3 \times 2\pi\beta(\alpha^2 - 1)$$

$$G = \sqrt{\frac{R}{a\rho}} \times 1{,}155\sqrt{\frac{\beta}{\alpha^2 - 1}} \log \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{1 + \sqrt{1 + \beta^2}}.$$

Posons :

$$V_1 = 2\pi\beta(\alpha^2 - 1), \tag{4}$$

$$G_1 = 1{,}155\sqrt{\frac{\beta}{\alpha^2 - 1}} \log \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 + \beta^2}}{1 + \sqrt{1 + \beta^2}}. \tag{5}$$

V_1 est le volume d'une bobine, semblable à la bobine donnée, ayant un rayon intérieur égal à 1 ($a = 1$). G_1 est la valeur de G pour cette bobine, en supposant en outre $R = 1$, $\rho = 1$. Ces deux quantités V_1 et G_1 sont des fonctions des deux seules variables α et β; il est donc assez facile d'en faire des tables numériques ou de les représenter par un graphique. Une fois ces quantités connues, tout le reste s'en déduit très facilement car on a :

$$\text{Volume } V = a^3 V_1 \tag{6}$$

$$\text{Diamètre du fil } D = \sqrt{\frac{V\rho}{R}} \tag{7}$$

$$\text{Longueur du fil } l = \sqrt{\frac{VR}{\rho}} \tag{8}$$

$$\text{Champ pour le courant 1 } G = \sqrt{\frac{R}{a\rho}} \quad G_1 \tag{9}$$

La table suivante donne les valeurs de G_1 et de V_1 pour diverses valeurs de α et β. C'est une table à double entrée; en face de chaque valeur de α et β on trouve dans la première colonne la valeur de G_1, et celle de V_1 dans la deuxième.

D'autre part, pour mieux faire saisir la façon dont varient ces fonctions, je les ai représentées par un graphique (fig. 2). Les valeurs de α

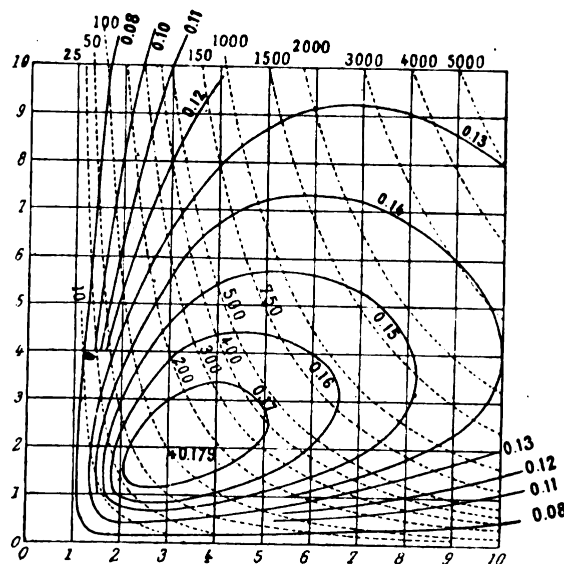


Fig. 2.

sont portées en abscisses et de β en ordonnées. On a tracé une série de courbes (en trait plein) sur chacune desquelles G_1 a une valeur constante, qu'indique la cote de la courbe (chiffres gras). De même pour V_1 (courbes ponctuées, chiffres maigres). Ce graphique se lit comme une carte topographique en courbes de niveau : pour avoir les valeurs de G_1 qui correspondent à des valeurs données de α et β, on cherche le point qui a ces valeurs comme coordonnées, et l'on regarde sur quelle courbe, ou entre quelles courbes, tombe ce point. De même pour V_1.

Exemple. — On a choisi une bobine pour

TABLE DES VALEURS DE $G_1 = 1{,}155\sqrt{\frac{\beta}{\alpha^2-1}}\log\frac{\alpha+\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}{1+\sqrt{1+\beta^2}}$ (1re colonne)

ET DE $V_1 = 2\pi\beta(\alpha^2-1)$ (2^e colonne).

β	0,2		0,5		1		2		3		4		5		6		8		10	
α	0,		0,		0,		0,		0,		0,		0,		0,		0,		0,	
1,1	046	026	068	066	076	1,32	068	2,64	060	3,96	055	5,28	048	6,60	046	7,92	038	10,56	034	13,2
1,2	061	055	089	1,38	102	2,76	094	5,53	082	8,29	074	11,06	066	13,8	061	16,6	054	22,1	048	27,6
1,5	079	1,57	119	3,93	141	7,85	134	15,7	125	23,6	107	31,4	097	39,3	089	47,1	076	62,8	071	78,5
2	089	3,77	135	9,42	162	18,8	164	37,7	149	56,6	135	75,4	123	94,2	114	113	099	151	090	188
3	087	10,1	131	25,1	166	50,3	179	100,6	170	151	158	201	147	251	137	302	120	402	110	503
4	080	18,8	122	47,1	157	94,2	176	188	173	283	164	377	155	471	145	565	130	754	119	942
5	074	30,2	112	75,4	146	150,8	169	302	169	452	163	603	156	754	148	905	135	1206	123	1508
6	067	44,0	104	110	136	220	160	440	164	660	160	880	155	1100	148	1319	136	1759	126	2199
8	059	79,2	090	198	120	396	144	792	151	1187	151	1583	148	1979	143	2375	135	3167	126	3958
10	052	124	080	311	106	622	130	1244	138	1866	140	2488	139	3110	137	3732	130	4976	124	6220

laquelle $a = 2$ cm, $a' = 4$ cm, $b = 2$ cm. On veut l'enrouler de fil tel que sa résistance soit de 10 ohms. Quelles seront ses constantes ?

On aura

$$\alpha = \frac{4}{2} = 2, \qquad \beta = \frac{2}{2} = 1.$$

Le graphique ou la table donne :

$$V_1 = 18{,}8 \qquad G_1 = 0{,}162.$$

Le volume de la bobine sera

$$V = V_1 a^3 = 18{,}8 \times 2^3 = 150 \text{ cm}^3.$$

Admettons pour ρ la valeur vraisemblable

$$\rho = 2{,}5 \times 10^{-6}.$$

Le diamètre du fil sera

$$D = \sqrt[4]{\frac{V\rho}{R}} = 0{,}078 \text{ cm}.$$

On pourra alors choisir du fil de 0,78 mm et voir si la valeur adoptée pour ρ convient ; si elle était légèrement erronée il faudrait refaire le calcul de D, ce qui conduirait à une valeur très légèrement différente.

La longueur du fil sera

$$l = \sqrt{\frac{VR}{\rho}} = 2{,}45 \times 10^4 \text{ cm} = 245 \text{ m}.$$

Enfin, le champ magnétique pour un courant de 1 ampère :

$$G = \sqrt{\frac{R}{a\rho}}\, G_1 = 229 \text{ unités C.G.S.}$$

4. *Bobine d'action maximum.* — On suppose donnés le rayon intérieur a et la résistance R. On veut déterminer la bobine de manière que sa constante G soit maximum.

Les équations (5) et (9) montrent qu'il suffit de choisir α et β de manière à rendre maximum G_1, ou

$$\sqrt{\frac{\beta}{\alpha^2-1}}\log\frac{\alpha+\sqrt{\alpha^2+\beta^2}}{1+\sqrt{1+\beta^2}}.$$

Un calcul dont le résultat seul est intéres-

sant montre que ce maximum a lieu pour

$$\alpha = 3{,}09 \qquad \beta = 1{,}88.$$

Il faut donc que le diamètre extérieur soit à peu près trois fois et la longueur deux fois le diamètre intérieur.

La figure (1, A) représente la coupe de cette bobine.

La valeur correspondante de G_1 (maximum) est

$$G_1 = 0{,}179;$$

celle de V_1 est

$$V_1 = 101.$$

Par suite les constantes relatives à cette bobine seront

$$V = 101\,a^3 \qquad D = 3{,}17\sqrt{\frac{\rho a^3}{R}}$$

$$l = 10\sqrt{\frac{R a_3}{\rho}} \qquad G = 0{,}179\sqrt{\frac{R}{a\rho}}$$

La valeur de G (qui est la plus élevée que l'on puisse obtenir) varie en raison inverse de la racine carrée du rayon intérieur; on voit l'avantage qu'il y a à diminuer le diamètre intérieur de la bobine, et par suite les dimensions de l'équipage mobile d'un galvanomètre.

5. La plupart des bobines de galvanomètre que j'ai eu l'occasion d'examiner s'écartent peu de la forme indiquée par la théorie comme étant la plus avantageuse. Il est à remarquer toutefois que l'on peut s'écarter énormément de ces conditions sans presque rien perdre sur le champ magnétique.

Le graphique montre, en effet, que la valeur de G_1 varie avec une extrême lenteur au voisinage du maximum. Admettons, par exemple, que l'on consente à laisser descendre la valeur de G_1 jusqu'à 0,15, c'est-à-dire à perdre environ $\frac{1}{6}$ sur la valeur du champ. On pourra, entre autres valeurs, prendre

$$(B)\begin{cases}\alpha = 7{,}9\\ \beta = 4{,}6\end{cases} \quad \text{ou bien} \quad (C)\begin{cases}\alpha = 1{,}67\\ \beta = 0{,}90\end{cases}$$

Les figures 1 (B et C) représentent les deux bobines ainsi définies à la même échelle que la bobine (A) d'action maximum. On voit que l'une (B) est énormément plus grande, l'autre (C) beaucoup plus petite que (A). D'ailleurs les valeurs correspondantes du volume V_1 sont :

A.	101
B.	1775
C.	10

On peut donc, en admettant une diminution de 1/6 seulement sur le champ magnétique, remplacer la bobine maximum (A) par une bobine de volume 18 fois plus grand ou 10 fois plus petit. Bien entendu, il faudra dans chaque cas donner au conducteur le diamètre convenable pour ramener la résistance à la valeur donnée, et comme ce diamètre varie comme la racine quatrième du volume (équation 7), le fil de la bobine B aura un diamètre près de quatre fois plus grand que celui de C.

Il peut évidemment y avoir avantage à profiter de cette espèce d'indétermination. Supposons par exemple, que la résistance donnée soit extrêmement élevée. Si l'on s'en tient strictement à la bobine donnant le champ maximum, on pourra être conduit à employer du fil d'une finesse excessive. En augmentant beaucoup le volume, on accroîtra en même temps le diamètre du fil; non seulement la construction sera plus facile, mais même la valeur du champ pourra être accrue à cause de la valeur plus élevée de ρ pour le fil plus gros. Pour cette raison il y aura toujours avantage (toute considération d'économie mise à part) à exagérer un peu le volume.

D'une manière plus générale on peut choisir le diamètre D du conducteur entre des limites assez étendues. Les équations (7) et (6) donnent alors la valeur de V_1 et on en déduira sur le graphique les dimensions à donner à la bobine.

Si l'on s'écarte énormément du diamètre (et par suite du volume) qui correspond au maximum, la valeur de G_1 finira par diminuer sensiblement; on est alors amené à

choisir les dimensions de la bobine de telle manière que V_1 étant donné, G_1 soit maximum. Voici quelques résultats relatifs à ce problème [1] :

V_1	α	β	G_1
1	1,20	0,36	0,08
4	1,47	0,55	0,12
10	1,67	0,89	0,15
100	3,09	1,88	0,179 (maximum)
1 000	6,6	3,65	0,16
5 000	10,8	6,9	0,13
10 000	13,9	8,3	0,12
100 000	30,0	17,7	0,09

On voit avec quelle lenteur décroît la valeur de G_1 lorsqu'on fait croître le volume. On peut remplacer la bobine d'action maximum par une autre de même résistance et de volume 1 000 fois plus grand et le champ sera réduit seulement de moitié; le fil de la seconde bobine aura un diamètre près de six fois plus grand que celui de la première.

Ces remarques pourraient être utiles pour la construction de galvanomètres extrêmement résistants sans employer de fil d'une finesse exagérée; toutefois les bobines seraient très grosses et par suite coûteuses.

6. Remarquons enfin que la bobine maximum A (fig. 1) est peu longue par rapport à son diamètre, et que par conséquent le champ doit diminuer assez vite lorsqu'on s'éloigne du centre. En admettant une très petite diminution sur la valeur de G_1, on peut rendre la bobine beaucoup plus longue; par exemple si l'on consent comme ci-dessus, à laisser à G_1 la valeur 0,15, on pourra prendre

$$(D) \begin{cases} \alpha = 2,6 \\ \beta = 4 \end{cases}$$

ce qui donne la bobine représentée en D (fig. 1).

7. Sans insister sur des problèmes de ce genre, dont le graphique donne la solution à première vue, traitons un problème d'un autre ordre.

(1) Dès que V_1 devient un peu grand, la condition de maximum est exprimée par $\frac{\alpha}{\beta} = 1,7$, c'est-à-dire que le diamètre extérieur doit être 1,7 fois la longueur.

On se propose de construire une bobine sans fer qui donne dans sa partie centrale un champ aussi élevé que possible. Le rayon intérieur a est donné.

Ici la résistance n'est pas déterminée, non plus que l'intensité du courant : on fera passer dans la bobine tout le courant qu'elle pourra supporter, le but à atteindre étant seulement d'obtenir un champ très intense.

L'intensité de ce champ, en appelant I le courant, sera :

$$\mathcal{H} = GI = I\sqrt{\frac{R}{a\rho}}\,G_1.$$

Soit γ la *densité moyenne* de courant [1] dans la bobine.

$$\gamma = \frac{I}{D^2} = I\sqrt{\frac{R}{V\rho}}.$$

Par suite

$$\mathcal{H} = \gamma\sqrt{\frac{V}{a}}\,G_1.$$

La résistance ni le diamètre du fil n'entrent dans cette équation, mais seulement, ce qui devait être, la densité γ et les quantités a, V, G_1, qui dépendent des dimensions de la bobine. On a vu que, dans des limites très étendues, G_1 varie très peu, et en tout cas ne peut dépasser une certaine valeur (0,179). Comme d'autre part a est donné, et que γ ne peut dépasser une certaine limite, on est amené pour avoir un champ intense, à employer un grand volume de cuivre. Ayant choisi le volume V que l'on veut employer, on calculera la valeur de $V_1 = \frac{V}{a^3}$ puis on cherchera (voir § 5) la bobine qui, sous ce volume, donne la plus grande valeur de G_1; cette valeur ne sera pas en général bien éloignée du maximum 0,179.

La puissance dépensée dans la bobine sera $W = RI^2 = V\rho\gamma^2$.

Quant au diamètre et par suite à la résis-

(1) Elle est un peu supérieure à la densité dans le conducteur, à cause de la place prise par l'isolant et de l'intervalle perdu entre les spires.

tance du fil, ils restent arbitraires; on peut les choisir de telle manière que le potentiel d'alimentation ait une valeur donnée E, ce qui donne l'équation $\frac{E^2}{R} = W = V\rho\gamma^2$, d'où R et par suite D.

Il est impossible de fixer a priori la valeur de γ, sa valeur maximum dépendant de la durée de l'expérience, des conditions de refroidissement, du volume et de la forme de la bobine, etc.

Exemple. — Soit $a = 1$ cm, et $V = 1\,000$ cm³ le volume du cuivre. Il faudra prendre (voir § 5)

$$\alpha = 6{,}6, \quad \beta = 3{,}65$$

et alors

$$G_1 = 0{,}16.$$

Si l'on admet $\gamma = 200$ (2 ampères par millimètre carré) on aura

$$\mathcal{H} = 0{,}16 \times 200 \times \sqrt{1\,000} = 968 \text{ unités C.G.S.}$$

La dépense d'énergie sera, en admettant $\rho = 2{,}5 \times 10^{-6}$

$$W = 100 \text{ watts.}$$

8. *Fil de section non uniforme.* — Revenons aux bobines de galvanomètres.

Les spires extérieures contribuent pour une forte part à accroître la résistance, tandis qu'elles n'augmentent que faiblement le champ magnétique. Il y a par suite avantage à employer du fil plus gros à mesure que l'on s'éloigne de la partie centrale. Il importe de déterminer les conditions les plus avantageuses de cet enroulement, et aussi de savoir exactement l'amélioration que peut procurer cette construction plus compliquée.

Lord Kelvin a résolu le problème en supposant simplement la bobine de révolution. La solution théorique est, en fait, irréalisable pour les raisons déjà indiquées (§ 1).

Je supposerai encore la gorge rectangulaire (bobine cylindrique).

Il est facile de voir que la condition $R = R_1$ doit être encore respectée; le raisonnement fait dans le cas d'un fil uniforme est applicable au cas actuel, en supposant que lorsqu'on modifie le diamètre du fil on le modifie partout dans le même rapport.

La résistance devra donc être considérée comme donnée.

Je supposerai la bobine enroulée de couches concentriques homogènes. Il est évident que tout autre mode de construction conduirait à des cloisonnements difficiles, qui feraient perdre de la place, et diminueraient par suite le champ magnétique.

Le diamètre D du fil est alors fonction seulement de la distance x à l'axe. Un raisonnement analogue à celui de lord Kelvin permet de déterminer cette fonction de telle manière que le champ soit maximum, la resistance ayant une valeur donnée [1]. On trouve :

$$D = C\sqrt[4]{x^2(x^2+b^2)}. \qquad (10)$$

Le diamètre doit donc, comme cela était à prévoir, croître avec la distance à l'axe. La constante C sera choisie de telle manière que la résistance totale ait la valeur donnée R, ce qui donne l'équation :

$$R = 2\pi b\rho \int_a^{a'} \frac{x}{D^4}\,dx = \frac{\pi\rho}{bC^4} \operatorname{Log} \frac{a'^2(a^2+b^2)}{a^2(a'^2+b^2)}$$

qui peut s'écrire, en introduisant les rapports α et β (voir § 3)

$$C^4 = \frac{\pi\rho}{Ra}\,\frac{1}{\beta} \operatorname{Log} \frac{\alpha^2(1+\beta^2)}{\alpha^2+\beta^2} \qquad (11)$$

Les équations (10) et (11) déterminent l'enroulement à placer sur une carcasse donnée pour obtenir, avec une résistance donnée, le champ maximum pour l'unité de courant. Reste à calculer ce champ. Il aura pour valeur

$$G = \frac{4\pi b}{10} \int_a^{a'} \frac{dx}{D^2\sqrt{x^2+b^2}}.$$

(1) Le calcul, dont je ne donne ici que le résultat, suppose constante la résistance spécifique moyenne ρ du fil recouvert, ce qui n'est évidemment qu'une approximation

Remplaçant D par son expression (10) il vient tous calculs faits :

$$G = \sqrt{\frac{R}{\rho a}} \times 0{,}5376 \sqrt{\frac{1}{\beta} \log \frac{\alpha^2(1+\beta^2)}{\alpha^2+\beta^2}}$$

Nous écrirons encore

$$G = \sqrt{\frac{R}{a\rho}}\, G'_1$$

avec

$$G'_1 = 0{,}5376 \sqrt{\frac{1}{\beta} \log \frac{\alpha^2(1+\beta^2)}{\alpha^2+\beta^2}}. \qquad (12)$$

Pour comparer les bobines construites de cette manière avec celles de fil uniforme, il suffit de comparer les valeurs de G'_1 avec celles de G_1 (§ 3).

Cette quantité G'_1 est maximum pour $\alpha = \infty$ $\beta = 2$, et sa valeur est alors 0,318. Avec du fil uniforme, le maximum de G_1 était 0,179. *La substitution du fil variable au fil uniforme permet donc en théorie de gagner environ* 80 *p.* 100 *sur la valeur de la constante de la bobine.*

La condition $\alpha = \infty$ est évidemment irréalisable ; mais il se présente ici un fait analogue à celui que nous avons rencontré dans le cas du fil uniforme : on peut sans presque rien perdre sur la valeur de G, s'éloigner énormément des dimensions qui donnent le maximum, pourvu que dans chaque cas le calcul du fil soit fait en partant des véritables dimensions de la bobine. Par exemple, si l'on conserve la valeur $\beta = 2$, et qu'on donne à α diverses valeurs, on trouve les valeurs suivantes de G'_1 :

$\beta = 2$	$\alpha = \infty$	$G'_1 = 0{,}318$ (maximum)
»	10	0,314
»	5	0,301
»	4	0,295
»	3	0,276
»	2	0,210

on peut même gagner encore un peu en se donnant α et choisissant la valeur de β qui rend G'_1 maximum ; on a ainsi pour

$\alpha = 5$	$\beta = 1{,}86$	$G'_1 = 0{,}304$
2	1,39	0,258

En pratique, il semble que sans atteindre des dimensions exagérées, on puisse obtenir la valeur $G'_1 = 0{,}30$. Il faudra admettre encore une petite diminution tenant à ce que la répartition du fil ne sera jamais rigoureusement celle que veut la théorie (le nombre des types de fil que l'on peut employer étant forcément limité). Il semble en définitive que la substitution du conducteur variable au fil uniforme doit pouvoir procurer un accroissement de 60 p. 100 sur la valeur de la constante de la bobine.

9. *Conclusions.* — En supposant une bobine cylindrique enroulée de fil uniforme, les tables et graphiques que j'ai calculés permettent de trouver rapidement la valeur du champ magnétique dans la partie centrale, et par suite de discuter facilement les conditions favorables à la production du champ maximum.

Si l'on suppose donnés le diamètre intérieur et la résistance, les conditions les plus avantageuses seront réalisées en prenant le diamètre extérieur égal à 3,09 fois et la longueur 1,88 fois le diamètre intérieur.

Toutefois, on peut sans presque rien perdre sur l'intensité du champ s'écarter énormément de ces dimensions, pourvu que dans chaque cas la section du fil soit choisie de manière que la résistance ait la valeur donnée. En particulier on peut faire varier dans des limites très étendues le volume de la bobine et par suite la section du fil ; c'est ainsi que les bobines représentées en B et C (fig. 1) donneront, si elles ont la même résistance, le même champ, inférieur de $\frac{1}{6}$ seulement à celui que donne la bobine de champ maximum A. Les sections des fils seront pour les trois bobines, dans les rapports suivants :

A.	1
B.	4,1
C.	0,31

On peut aller beaucoup plus loin en consentant une réduction un peu plus forte sur

l'intensité du champ; on peut, par exemple, obtenir un champ égal à la moitié du champ maximum avec une bobine de volume 1000 fois plus grande que celui de la bobine A, et par suite avec un conducteur de section 32 fois plus grande que celui de cette bobine.

Ces remarques pourraient être utiles pour la construction de galvanomètres excessivement résistants.

Enfin il y a avantage à employer, pour les couches successives, du fil de plus en plus gros. Par la substitution de ce fil variable au fil uniforme, on peut accroître d'environ 60 p. 100 la valeur de la constante de la bobine.

Ch. Fabry,
Professeur adjoint à la Faculté des sciences de Marseille.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

DYNAMOS A COURANT CONTINU

Les perfectionnements que MM. P.-R. Jackson et J.-S. Lewis revendiquent dans un récent brevet anglais [1] sont relatifs aux moyens de connexion des conducteurs de l'induit entre eux.

Dans un premier procédé de connexion des barres entre elles, celles-ci, AA_1, BB_1

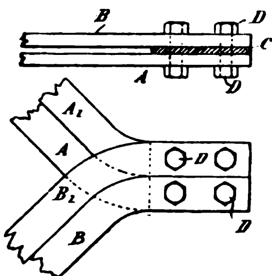


Fig. 1 et 2. — Procédé de connexion pour barres d'induit de Jackson et Lewis.

(fig. 1, 2) au sortir des dents ou de la surface de l'induit, sont tordues et recourbées de façon à venir se superposer, mais au lieu de les fixer l'une sur l'autre par des boulons ou des rivets, comme cela se fait ordinairement les inventeurs trouvent nécessaire d'interposer entre les deux barres plates une bande de cuivre C, l'ensemble étant ensuite fixé à l'aide des boulons D et soudé si désiré.

Les figures 3 à 6 se rapportent au mode de connexion des conducteurs d'induits où chacun d'eux est formé de trois barres distinctes F, F, F_1, disposées dans la même encoche. Ces trois barres élémentaires (fig. 3) ont des

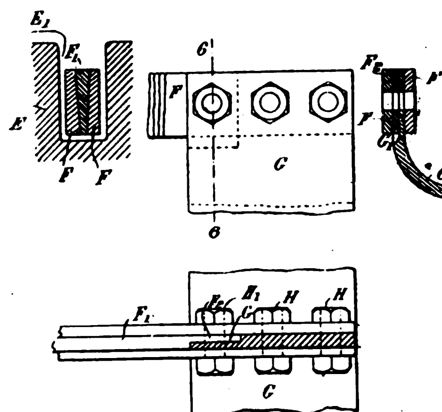


Fig. 3, 4, 5 et 6. — Procédé Jackson et Lewis pour connexion des barres d'induit aux développantes.

sections trapézoïdales, la barre centrale F_1 agissant comme un véritable coin, de façon à maintenir les deux autres en place. Cette barre centrale est plus courte que les deux autres et son épaisseur est encore réduite à ses extrémités en F_2 comme le montre la figure 5. Une bande de cuivre G qui sert de développante pour la réunion de deux barres présente une partie plus mince G_1 qui s'emboîte exactement dans la barre F_1 et F_2 et est placée entre les deux barres extérieures

[1] Brevet anglais, n° 29473, 8 figures. Déposé le 22 décembre 1896, délivré le 13 novembre 1897.

F, F. L'ensemble est serré à l'aide de trois boulons H, puis soudé.

Les développantes K en forme de Z pour la réunion des barres d'induit (fig. 7 et 8) ne diffèrent de la disposition bien connue employée sur les alternateurs Brown à courants polyphasés qui servirent au transport de Lauffen-Franckort qu'en ce qu'elles sont

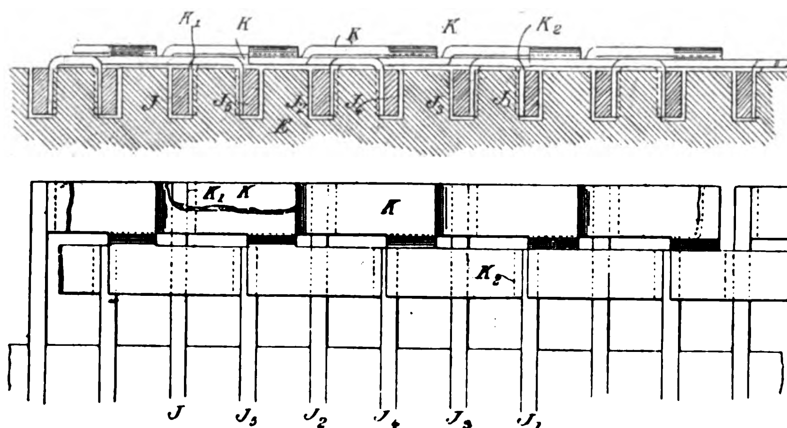


Fig. 7 et 8. — Développement d'un induit avec développantes en Z, système Jackson et Lewis.

un peu plus aplaties et ont une des branches extrêmes du Z un peu plus longue que l'autre.

Chaque développante, fixée sur une des faces des barres de l'induit par des parties recourbées K_1 et K_2 de la développante, est légèrement recourbée dans la partie centrale du Z et dans la branche extrême à l'endroit où elle s'engage dans la développante voisine de façon à permettre la réunion des barres J et J_1.

Ce dispositif permet de réunir les barres de cinq en cinq, tandis que le procédé de Brown permet de connecter les barres d'induit de trois en trois.

Le dispositif de M. Sayers pour faciliter la commutation dans les machines à courant continu est bien connu [1] et consiste, comme on le sait, à enrouler sur l'induit lui-même et un peu arrière de la section en commutation, les conducteurs qui réunissent les points de jonction. Ces bobines spéciales, dites bobines commutatrices, sont ainsi placées immédiatement sur les cornes polaires situées en arrière par rapport au sens de rotation et permettent de commuter les sections de l'induit aussitôt après leur passage sous le pôle renforcé par la réaction d'induit de sorte que

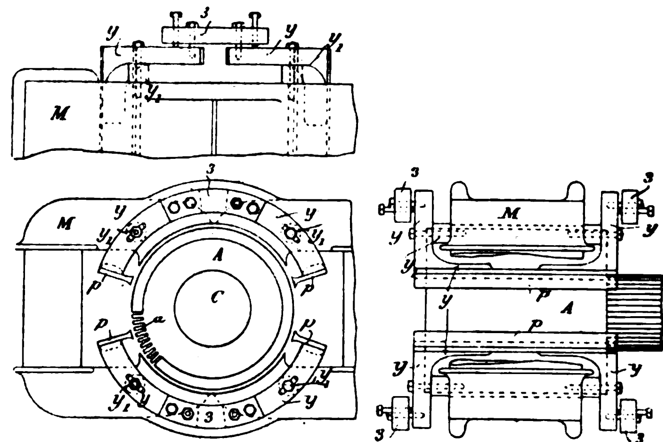


Fig. 9, 10 et 11. — Dynamo Sayers, Coulson, A. et S. Mavor, à pôles auxiliaires pour l'annulation du décalage des balais.

l'effet du flux transversal est d'augmenter le champ au lieu de le diminuer.

Ce dispositif réduit bien le décalage des balais puisqu'il suffit d'un faible déplacement des bobines commutatrices sous les cornes polaires pour avoir la force électromotrice nécessaire au renversement du courant sans

[1] Voir *Lumière Électrique*, article SAYERS, t, XLIX, p. 427, 1893.

étincelles mais elle ne l'annule pas complètement, de sorte qu'une machine Sayers dont la position des balais est réglée de façon à ne pas avoir d'étincelles en pleine charge en donne à vide et pour les faibles charges.

Pour obtenir une machine sans décalage, il faudrait que la force électromotrice induite dans la bobine compensatrice soit une fonction linéaire du courant de débit de la machine ou soit déterminée par un flux proportionnel à ce courant, c'est-à-dire passant à travers un circuit magnétique non ou peu saturé.

M. Sayers vient d'imaginer, avec la collaboration de MM. A. et S. Moores et de M. W.-A. Coulson (1), un dispositif ingénieux et très simple qui permet d'obtenir ce résultat en utilisant le flux de l'induit lui-même à la production de cette force électromotrice. Nous allons donner quelques indications sur ce dispositif adapté à une dynamo du type Manchester, représentée en vue de face, de bout, et en projection horizontale sur les figures 9, 10 et 11. La figure 12 est un schéma de l'enroulement de l'induit supposé développé et où l'on n'a représenté pour plus de clarté que la section en commutation et l'une de ses voisines.

Les circuits magnétiques créés de chaque côté de la machine pour laisser passer le flux de réaction d'induit, sont constitués par des segments en fer y disposés dans un plan perpendiculaire à l'arbre et fixés à la carcasse magnétique inductrice de la dynamo par des supports y_1 et des boulons en métal non magnétique. Chacun de ces segments porte à l'une de ses extrémités un épanouissement polaire p qui s'engage plus ou moins le long de l'armature et à une distance suffisante de la corne polaire pour éviter autant que possible les fuites magnétiques de l'inducteur à travers ce circuit.

Le circuit magnétique formé par deux segments situés en face d'un même pôle inducteur est complété par un troisième segment également en métal magnétique z et fixé aux deux premiers par des boulons en bronze qui permettent de l'écarter ou de le rapprocher de ceux-ci, de façon à régler la valeur du flux dans cette dérivation magnétique du flux de réaction d'induit.

La section principale des petites pièces polaires p et celle des segments y, où la la somme des sections lorsque le circuit magnétique en question se compose de deux parties, comme c'est le cas pour la machine bipolaire des figures 9, 10 et 11, doit être approximativement égale ou plus grande que celle des dents a de l'armature en face desquelles se trouvent les petits pièces polaires p.

Quant au nombre de dents sur lesquelles agissent ces pièces polaires, il est déterminé par la nature même de l'enroulement de l'induit ; il est d'une seule dent par exemple si le nombre de lames du collecteur de la machine bipolaire est égal à celui des dents, de deux si les lames du collecteur sont deux fois moins nombreuses que les dents, etc.

Comme le montre la figure 12, la machine tournant dans le sens indiqué par la flèche a, le flux de réaction d'induit suit les flèches b. La bobine commutatrice B_1 B_2 disposée dans les rainures 1 et 8, et la bobine commutatrice disposée dans les rainures 2 et 10, lesquelles aboutissent aux extrémités de la section A_2, sont en service pour la commutation de cette section. L'écartement entre les deux petites pièces polaires p les plus voisines entre elles est approximativement égal à celui entre les conducteurs B_1 et B_2.

Le flux coupé par les conducteurs B_1 et B_2 pendant la commutation est ainsi proportionnel au débit de la machine, et par suite il en est de même de la force électromotrice de renversement.

La proportionnalité rigoureuse dont nous venons de parler n'est pas nécessaire en pratique aussi peut-on obtenir encore d'assez bons résultats en faisant venir de fonte les pièces polaires auxiliaires p avec la carcasse

(1) Brevet anglais, n° 27209, 7 figures. Déposé le 30 novembre 1896, délivré le 27 novembre 1897.

***

même M_1 de l'inducteur, ou les fixant avec des supports en métal magnétique et en se servant par suite d'une partie de cette carcasse comme circuit magnétique auxiliaire de l'induit. Ce dispositif toutefois augmente les fuites magnétiques de l'inducteur, comme le

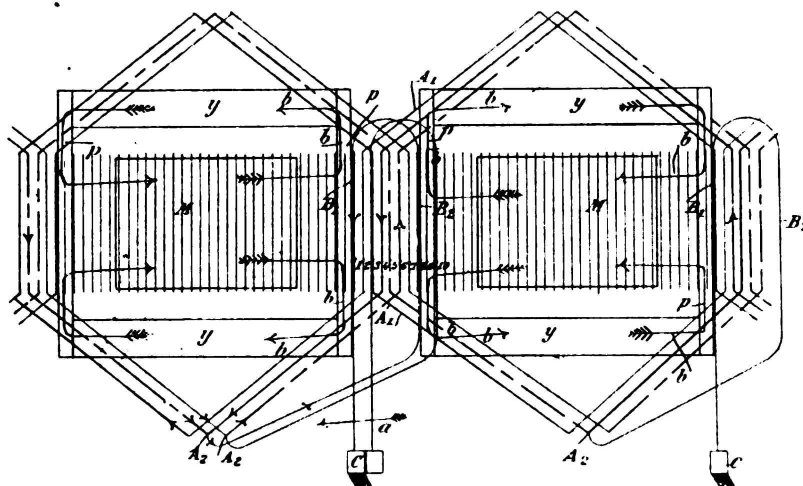


Fig. 12. — Schéma du bobinage et développement d'un induit Sayers, Coulson, A. et S. Moores, avec bobines commutatrices et pôles auxiliaires pour l'annulation du décalage des balais.

montrent les figures 13 et 14 qui représentent l'application de cette dernière disposition au cas d'une machine multipolaire.

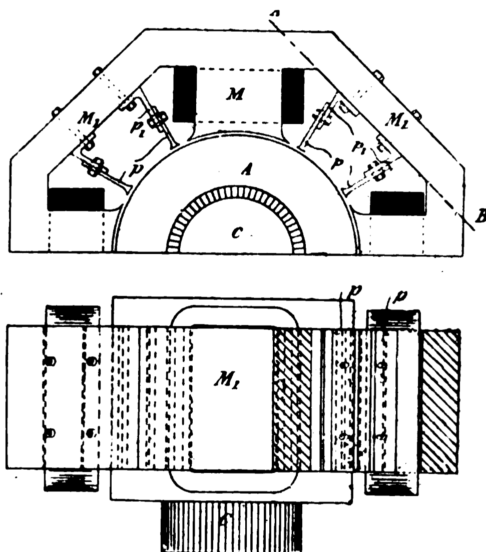


Fig. 13 et 14. — Dynamo à quatre pôles Sayers, Coulson, A. et S. Moores, à pôles auxiliaires pour l'annulation du décalage des balais.

MM. J.-S. Lewis et F.-J. Howitt reprochent aux dynamos à inducteurs ordinaires Sayers avec bobines commutatrices disposées pour pouvoir être employées quel que soit le sens de rotation de la machine, de ne pouvoir être utilisées que d'un seul côté, la distance entre les dents dans lesquelles sont enroulées ces bobines étant supérieure à la distance entre les pôles. L'emploi de petits pôles auxiliaires avec circuit magnétique indépendant ou non et munis ou non d'enroulements spéciaux, comme ceux indiqués dans le premier brevet (1) de M. Sayers sur son type d'induit, permet bien d'utiliser à la fois les conducteurs situés dans les deux dents en question, mais c'est là une complication, au dire des inventeurs.

Nous venons de voir les nouvelles applications que M. Sayers a faites de l'emploi des pôles auxiliaires ; voyons maintenant comment MM. Lewis et Howitt (2) espèrent pouvoir supprimer ces pôles. Ces inventeurs proposent d'utiliser, pour la production de la force électromotrice de renversement, les cornes polaires mêmes des inducteurs qu'ils

(1) Brevet anglais, n° 10298, 1893.

(2) Brevet anglais, n° 21180, 6 figures. Déposé le 15 septembre 1897, délivré le 26 mars 1898.

rapprochent pour accroître la largeur polaire de ces inducteurs jusqu'à ce que la distance entre les cornes polaires soit légèrement plus grande que l'espace occupé par une bobine commutatrice de l'induit. Grâce à l'épanouissement du flux autour des cornes, celui-ci s'avance en dehors de celles-ci jusqu'à une distance à peu près égale à l'entrefer, de sorte que lorsqu'un des côtés de la bobine commutatrice quitte le champ magnétique d'une pièce polaire, l'autre côté de la même bobine entre dans le champ de la pièce polaire voisine et les effets s'ajoutent.

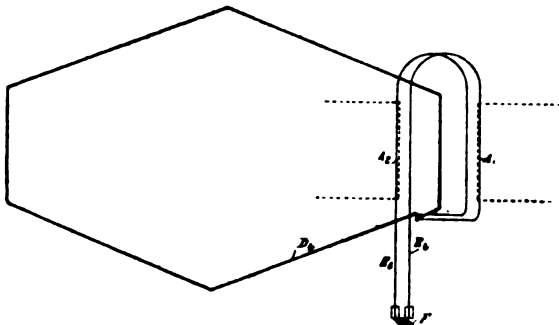


Fig. 15. — Schéma d'une section d'induit Sayers en commutation avec inducteur à pièces polaires, système Lewis et Howitt.

La figure 15 représente la section D_4 en commutation de l'induit ; les conducteurs formant cette section sont sensiblement dans la zone neutre et les bobines commutatrices en circuit sont E_4 et E_6.

L'étendue des bobines commutatrices est prise suffisamment grande pour diminuer le plus possible les fuites magnétiques et pour éviter qu'une partie de ces fuites traverse la section en commutation. De plus, la disposition des pièces polaires doit être telle que l'induction immédiatement sous les cornes soit suffisante pour créer la force électromotrice de renversement, tout en ne variant pas trop brusquement à l'entrée sous la corne, pour éviter un calage par trop sensible des balais. Ce perfectionnement de MM. Lewis et Howitt nous paraît peu important, car l'affaiblissement du champ sur la corne polaire en avant des balais dans le sens de la rotation rend peu active la portion correspondante de la bobine commutatrice.

La variation de la force électromotrice de renversement ne se produit, de plus, que comme dans l'ancienne machine Sayers, c'est-à-dire par variation du flux renforcé ; le calage des balais ne peut donc, comme dans cette machine, être complètement indépendant de la charge.

Comme il est assez difficile de calculer exactement le flux le long de l'armature entre les pièces polaires, pour la détermination de la force électromotrice de renversement, MM. J-S. Lewis et F.-J. Howitt préfèrent rendre mobiles les épanouissements polaires de façon à pouvoir régler expérimentalement la distance interpolaire. A cet effet les épanouissements (fig. 16) sont formés de deux parties cylindriques H H d'épaisseur convenable et fixées après la carcasse par des joues percées de rainures annulaires H_2 et dans lesquelles passent les boulons H_1.

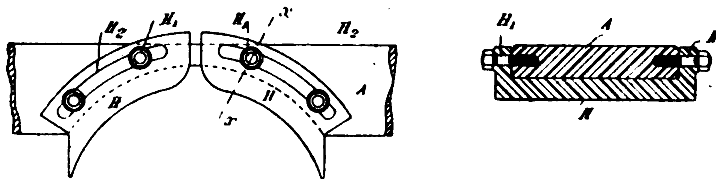


Fig. 16. — Pièces polaires mobiles de Lewis et Howitt et coupe par *xx*.

MM. Lewis et Howitt signalent en outre un perfectionnement un peu plus intéressant et applicable à toutes les dynamos à courant continu. Pour diminuer la différence entre le flux magnétique en charge et à vide, l'armature B (fig. 17) tournant dans le sens indiqué, l'entrefer est augmenté par des encoches A_4 pratiquées dans les cornes polaires sous lesquelles le flux inducteur se trouve amoindri par la réaction d'induit. De cette façon le

flux résultant en charge n'est pas très sensiblement diminué, puisqu'une portion assez faible de flux passe à l'endroit de la rainure, tandis que le flux à vide tendant à se répartir

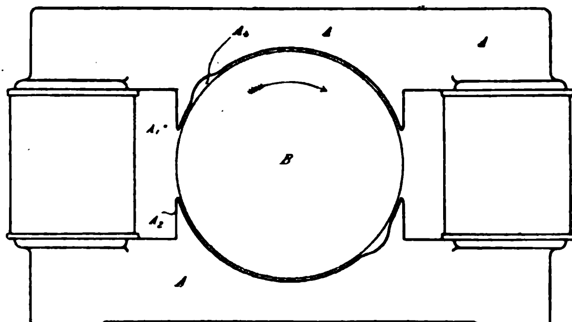


Fig. 17.— Dynamo Lewis et Howitt à entrefer dissymétrique.

symétriquement sous les cornes polaires d'un même pôle se trouve assez fortement amoindri par cette dissymétrie. Il en résulte que la différence entre le flux à vide et le flux total en charge est plus faible que dans une machine ordinaire, et par suite que l'élévation de voltage, lorsqu'on vient à décharger brusquement la machine, est beaucoup moins grande.

Les porte-balais de MM. P.-R. Jackson et et J.-S. Lewis [1] sont formés d'un corps A ou collier (fig. 18) et serré sur la tige qui le supporte à l'aide de la vis A_1, comme cela est employé ordinairement. Le câble conducteur A_2 est soudé dans un logement pratiqué dans la pièce A, et un conducteur flexible H réunit cette pièce directement à la gaine du porte-balais. On évite ainsi les échauffements et les pertes de tension dans le pivot du porte-balai proprement dit, ce porte-balai B pouvant tourner autour de l'axe B_1 fixe sur la pièce A.

Le balai C, maintenu en place par les deux boulons ou boutons de serrage C', peut se déplacer dans un sens perpendiculaire à l'axe de la machine et est muni à cet effet d'une fente longitudinale C_2 (fig. 19) dans laquelle passent les boulons C'. A l'extrémité du balai se trouve une oreille D traversée par une

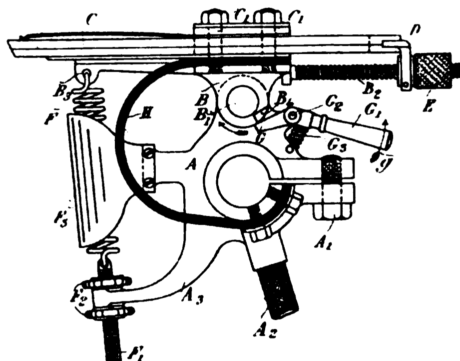


Fig. 18 et 19. — Porte-balai Jackson et Lewis.

tige taraudée B_2 portant un écrou mobile E qui permet de faire avancer le balai.

Ce dernier est appuyé sur le collecteur par

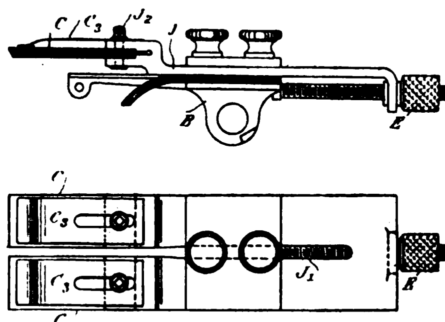


Fig. 20 et 21. — Porte-balai Jackson et Lewis à double balai.

un ressort F fixé à un bras B_3 du porte-balai et à une vis F_1, laquelle s'engage dans des écrous F_2 qui servent à limiter la tension du ressort et qui viennent buter sur un collier disposé à l'extrémité d'un bras A_3 de la pièce A.

Une gaine F_3, fixée également à la pièce A, protège le ressort en cas de contact du support avec le collecteur.

Le porte-balai de MM. Jackson et Lewis est en outre muni d'un dispositif qui permet d'écarter le balai du collecteur en cas de

[1] Brevet anglais n° 851, 4 figures. Déposé le 12 janvier 1897. Délivré le 18 décembre 1897.

besoin. A cet effet le support B mobile autour de l'axe B'_1 porte une entaille B_4 dans laquelle vient se loger l'extrémité G d'un levier coudé G_1 mobile autour de l'axe G_2 et maintenu contre le corps A par le ressort G_3. En appuyant sur l'extrémité du balai opposé au collecteur, on fait tourner ce balai autour de B et le levier G s'engage dans l'entaille B_4 empêchant ainsi le balai de revenir à sa position lorsqu'on l'abandonne à lui-même.

Il suffit pour ramener le balai en contact avec le collecteur d'appuyer sur le levier G_1 dans le sens de la flèche, ce qui a pour effet de dégager le support B, le bras du levier G sortant alors de l'entaille B_4.

Dans le système de porte-balai représenté sur les figures 20 et 21, le balai est très court et fixé dans une gaine spéciale J qu'on peut déplacer le long de la pièce B comme pour le balai précédent à l'aide de l'écrou E. Chaque partie du balai C qui est double peut également coulisser dans le même sens et être maintenu en position par les vis J_2 ; un ressort G_3 assure une certaine rigidité à l'extrémité des balais.

A propos de la dynamo à nombre de spires variables dans l'induit de MM. C.-H. Wade, J. Moores et H.-O. Farrell [1], nous disions que la solution naturelle pour maintenir constante la tension aux bornes d'une dynamo conduite par un véhicule à vitesse variable était d'agir sur l'inducteur. Les mêmes inventeurs [2] proposent aujourd'hui d'obtenir la variation du champ inducteur, en sens contraire de la vitesse de la manière suivante :

L'inducteur A de leur dynamo (fig. 22) porte deux enroulements l'un B d'un nombre de spires fixes, et l'autre C disposé en série avec le premier, mais enroulé en sens contraire et partagé en un certain nombre de sections. Les extrémités de ces sections aboutissent à des plots de contact sur lesquels se déplace une manette D.

Lorsque la machine fonctionne à une vitesse assez faible, l'enroulement C est hors circuit, mais si la vitesse augmente, une première section de l'enroulement C est mise en série avec l'inducteur normal B et diminue l'intensité du champ; la vitesse augmentant, les sections de C sont mises successivement en service, abaissant ainsi la valeur du flux inducteur.

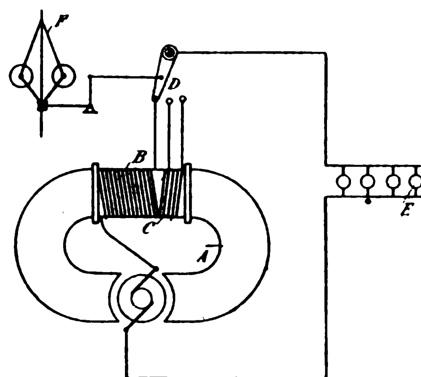


Fig. 22. — Dynamo Wade, Moores et Farell à tension indépendante de la vitesse.

La commande de la manette peut se faire à la main ou mieux automatiquement à l'aide d'un régulateur quelconque F, à force centrifuge par exemple, qui à l'aide d'un système de levier repousse la manette lorsque la vitesse augmente.

L'action de ce dispositif plus énergique que l'introduction ou la suppression de simples résistances dans le circuit de la bobine B peut être encore augmentée en employant pour la bobine C un fil de plus ou moins grande résistance.

C.-F. Guilbert.

(1) Voir notre article « Machines dynamo-électriques ». *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 361, 1898.

(2) Brevet anglais, n° 5 479, 1 figure. Déposé le 2 mars 1897, délivré le 15 janvier 1898.

LES LAMPES A ARC

Dans la plupart des lampes à foyer fixe, le châssis oscillant C (fig. 1) du mécanisme doit supporter les deux charbons aux extrémités d'un fil de cuivre B, par exemple, passé sur une poulie A arrêtée normalement par la détente D E. Dans le dispositif de Siemens et Halske, représenté par la figure 1 ; lorsque l'arc augmente, l'électro en série ou en dérivation G abaisse FM autour de A, de manière à rapprocher les charbons, et comme le balourd du pivotement de C est égal seulement à l'excès du poids du charbon supérieur et de l'armature sur le poids du charbon inférieur, il suffit d'un très faible ressort H_1 pour maintenir le châssis C en équilibre. Ce ressort ainsi calculé est même trop faible pour vaincre les frottements en F. On a dû le renforcer et le doubler d'un second ressort H_2, antagoniste de H_1, de manière à en compenser le renforcement et à soulager F d'une partie du poids de C, dont la sensibilité se trouve ainsi notablement augmentée. D'autre part, cette grande sensibilité présente plusieurs inconvénients, notamment celui de rendre la séparation des charbons trop vive, au point de faire rater l'amorçage, en raison de l'excès de résistance que présentent les charbons avant d'être échauffés par l'arc ;

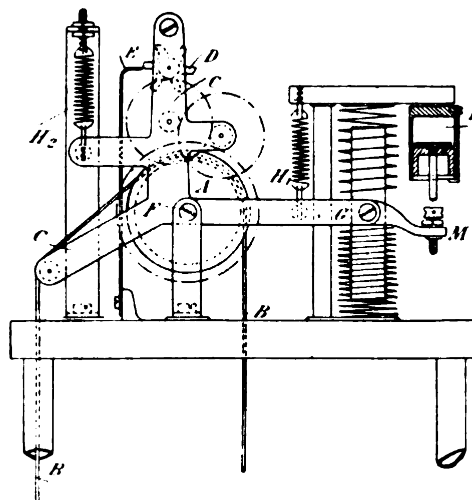


Fig. 1. — Lampe Siemens et Halske.

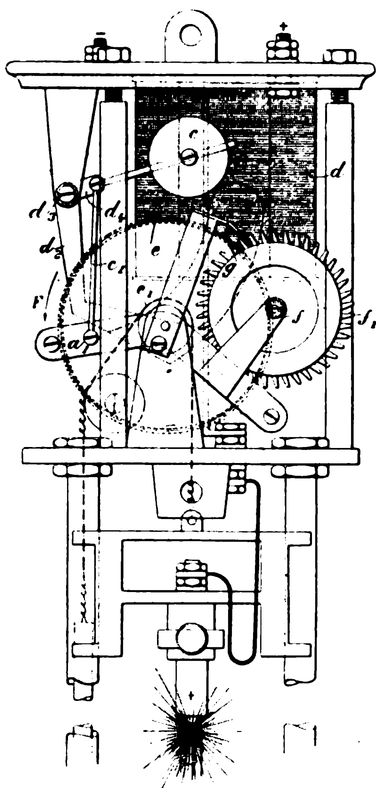
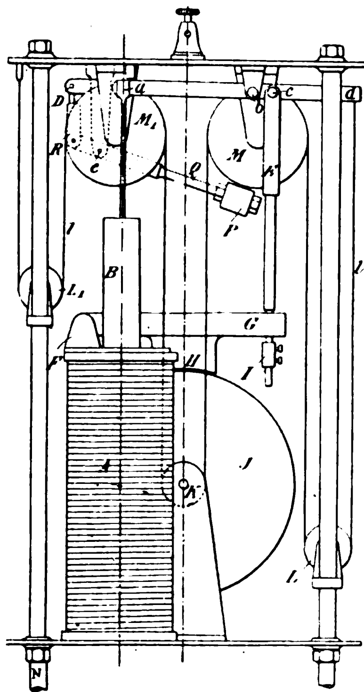


Fig. 2 et 3. — Lampe Duflos.

aussi, l'a-t-on atténuée par l'emploi d'un **dash-pot** L, que M vient heurter dès que l'écart des charbons atteint une certaine limite, et qui laisse au châssis C toute liberté



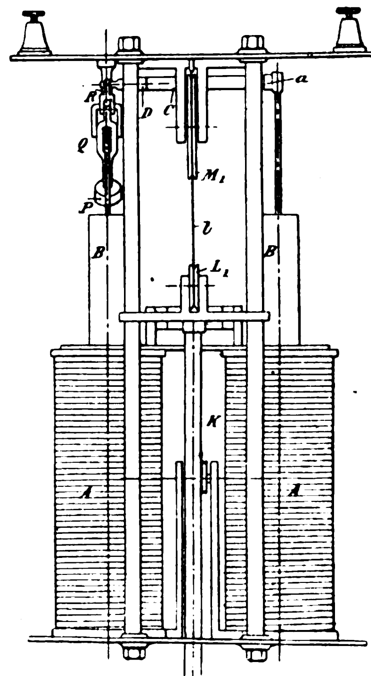
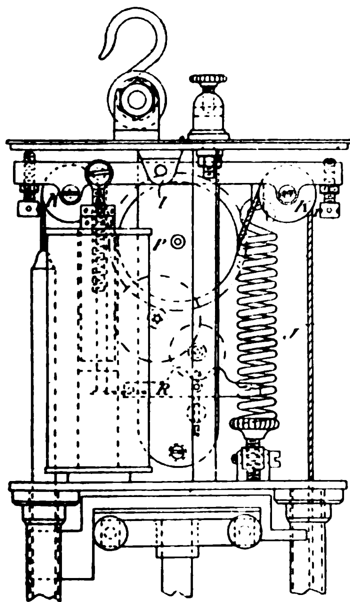


Fig. 4 et 5. — Lampe Bardon.

d'osciller dans les limites nécessaires pour la **régularisation.**

Dans la lampe de DUFLOS, les deux charbons sont aussi suspendus (fig. 2) à la pou-



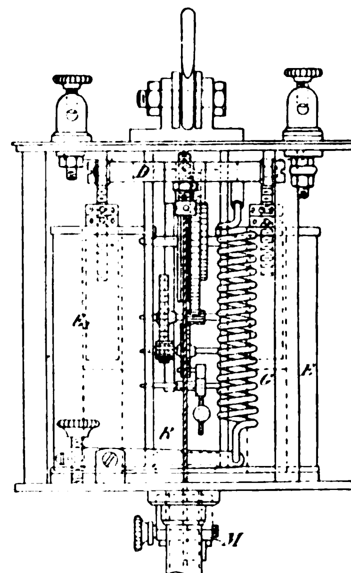


Fig. 6 et 7. -- Lampe Fesquet.

lie e_1 d'un châssis $a\ a_1$, dont l'axe commande à grande vitesse, par $e\ f$, la roue f_1, à rochet g. Au départ, le solénoïde en dérivation d, attirant son armature d_3, relève a_1 par $d_4\ d_1$ de manière à dégager de g la roue f_1, qui laisse alors le balourd des charbons les rapprocher jusqu'au contact. Dès ce contact, le solénoïde d lâche son armature, et le contrepoids c abaisse a_1 de manière à renclencher f_1 avec g et à rendre les roues $e\ e_1$ solidaires de a_1 qui, les entraînant dans le sens de F, sépare les charbons et fait jaillir l'arc. Dès que l'arc augmente, d relève a_1, rapproche de nouveau les charbons jusqu'à ce que f_1, lâchant encore g,

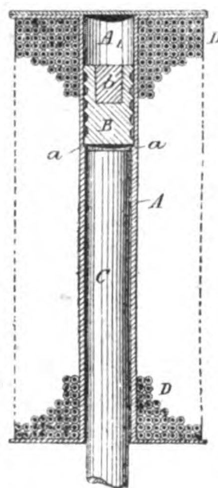


Fig. 8. — Lampe Worsley.

après une nouvelle usure des charbons, les laisse se rapprocher de nouveau par leur poids, puis les écarte comme précédemment.

Le fonctionnement très simple de la lampe Bardon, de 1897, est (fig. 4) le suivant : à l'amorçage, les solénoïdes en dérivation A A, attirant leurs armatures B B, font basculer autour de b le levier $a\ c\ d$, de manière qu'il desserre par E I le frein G H de la roue J et laisse le balourd des charbons les rapprocher au contact par le mouflage $L_1\ l\ M_1$ K M L d; puis, dès ce contact, les solénoïdes, lâchant B B, serrant le frein H, et le balourd du charbon supérieur N, faisant basculer D d autour de b, sépare les charbons, dont l'écartement se règle ensuite par le jeu du frein H. Un contrepoids P équilibre l'attirail du levier D d. Si l'arc diminue accidentellement au point que A lâche B, le feu entre I et G permet le rétablissement immédiat de l'arc à sa longueur normale.

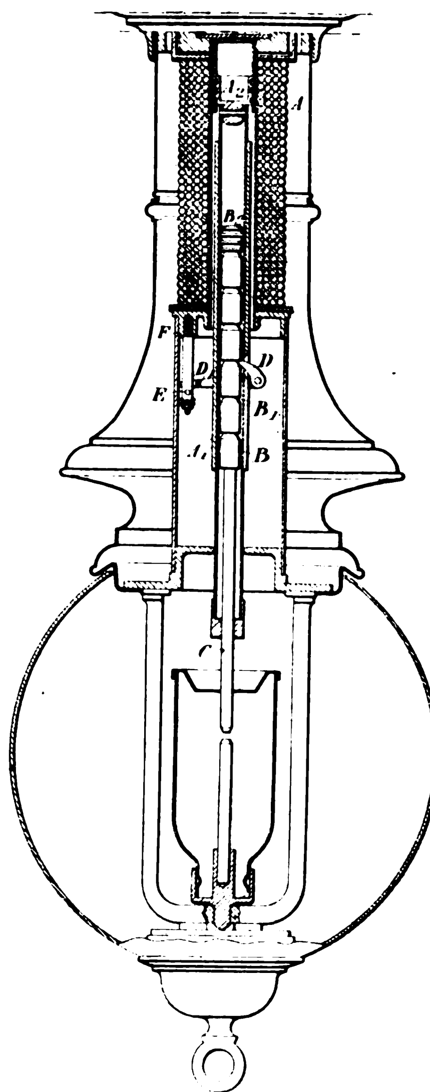


Fig. 9. — Lampe Brockie.

La lampe également en dérivation de M. Fesquet (fig. 6) est à deux solénoïdes E E attaquant le levier D, qui pivoté en I, supporte en K et K' les deux porte-charbons au moyen d'une corde passant sur la poulie P. Au départ, ces solénoïdes font, malgré le ressort J, basculer D, de manière qu'il déclenche

l'échappement R du rouage de P, et laisse le balourd des charbons les rapprocher au contact; puis, dès ce contact, J sépare les charbons et amorce l'arc, qui se maintient ensuite par le frein de l'échappement R et des solénoïdes.

Le dash-pot de M. WORSLEY n'agit, comme celui de Siemens et Halske (fig. 1), qu'en dehors des oscillations normales de l'armature C (fig. 8) qui, dès lors, vient frapper le piston d'ébonite B de ce dash-pot A_1, retenu par *a* dans sa retombée, assurée pai l'attraction même du solénoïde D sur le fer b.

Le porte-charbon inférieur B (fig. 9) de la lampe de BROCKIE est pourvu d'encoches B_1, écartées de 25 mm. A l'amorçage, le solénoïde en série A attire B dans son armature A_1 et sépare les charbons, en même temps que le cliquet D D_1 enclenche l'une des encoches de B, puis il maintient l'arc en sa longueur normale jusqu'à ce que D_1, venant toucher E, lâche B. Les charbons retombent alors au contact et sont de nouveau séparés par A, avec enclenchement d'une nouvelle encoche B_1 par D. Un dash-pot A^3 B_2 atténue les mouvements de B.

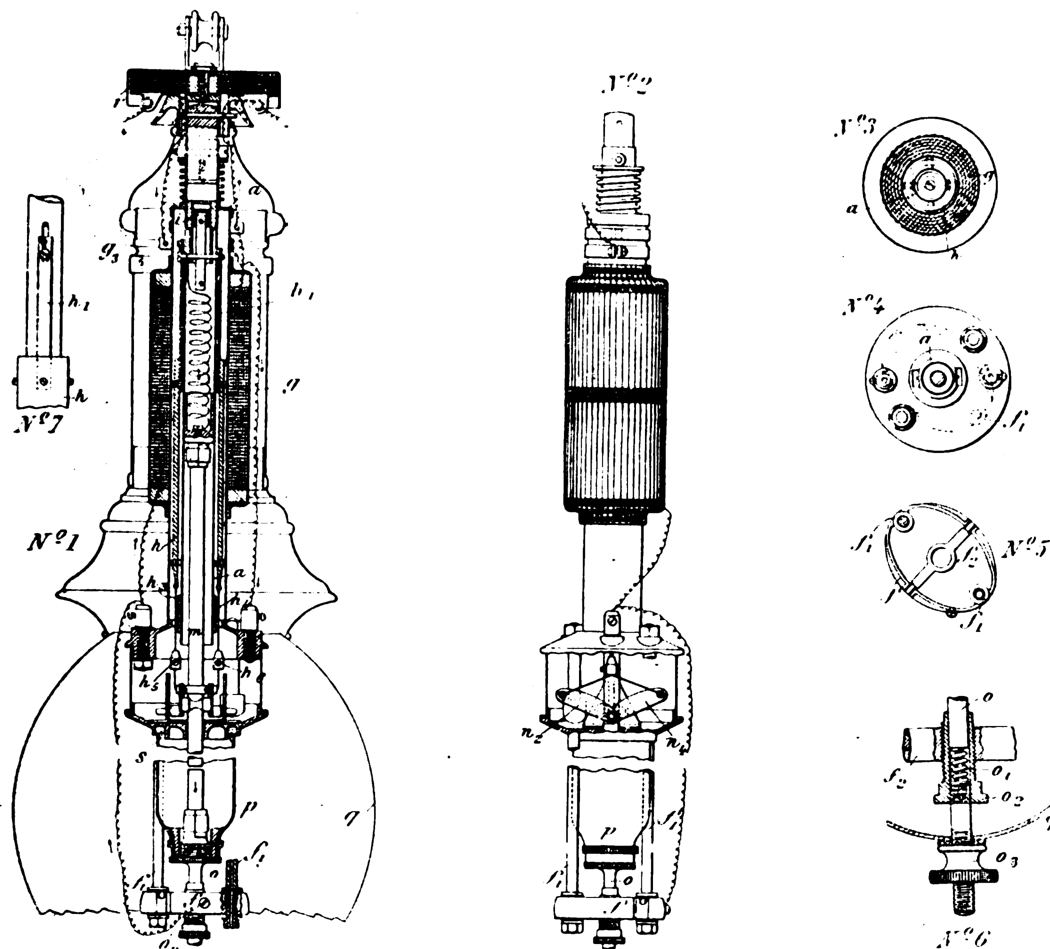


Fig. 10 (nos 1 à 7). — Lampe Davy.

A l'amorçage, les charbons de la lampe à foyer clos de DAVY sont (fig. 10, n° 1 à 7) au contact. Dès que le courant passe par la résistance *r* et le solénoïde en série *g*, son armature *h*, tirant (fig. 11) sur les cordes h_3 et, h_4

....

serrent par $n_2 n_3 n_4 n_5$ les mâchoires n, n_1 sur le charbon supérieur *m*, qu'elles soulèvent en amorçant l'arc. Les gaz dilatés par l'arc s'échappent en g_3. Les cordes h_3 h_4 peuvent se régler par les pinces h_5 h_6. Pour renouveler les charbons, on dévisse l'écrou o_3 (fig. n° 6) pour enlever le grand globe *q*, puis o^2 pour permettre de soulever le croisillon f_2 hors des paliers (n° 5) de l'anneau *f* et de l'en sortir avec le petit globe *p*, ordinairement appuyé sur la garniture *s* par la poussée du ressort o_1

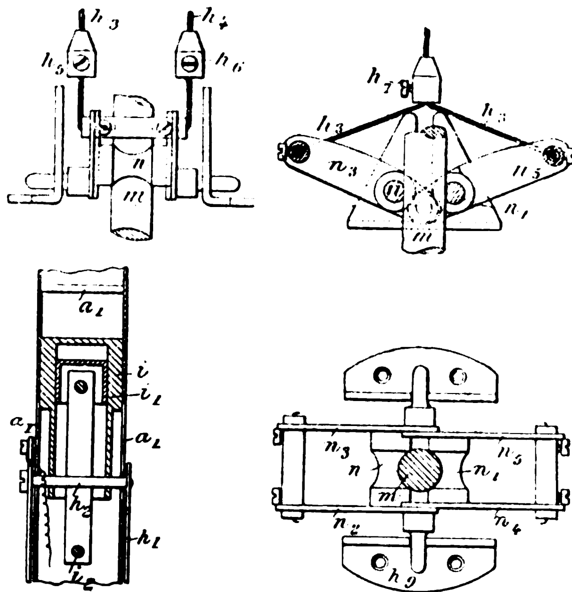


Fig. 11 à 14. — Lampe Davy. Détail du frein et du dash-pot.

sur sa tige *o*. Les mouvements de l'armature *h* sont atténués par un dash-pot à piston *i* (fig. 14) relié à h_1 par h_2 h_1 (fig. n° 7) et mobile entre le bouchon a_1 du tube *a* et le piston *i*, relié à *a* par le pivot i_2.

La lampe également à globe fermé de Steinaker et Cowley (fig. 15) est remarquable par quelques détails de construction.

L'armature E du solénoïde en série D est reliée par les tiges *e* au dash-pot F et par la vis *e'*, à coulisse *h*, au manchon H, qui porte les freins GG (fig. 22) du charbon supérieur J : dès que E se lève elle serre par $e_2 g'$ ces freins GG en entraînant J. Le charbon J est emmanché dans un tube K, pourvu de ressorts M *m*, faisant bon contact en *m* avec le tube L, dans lequel K, coulisse en prenant ainsi son courant.

Le gros globe R est suspendu à la plaque P par un encorbellement *p*, *p'* à partie *p'* mobile autour de p_1 et fixée à *p* par une vis p_3, et la plaque P est suspendue à deux tiges I, pourvues d'encoches *s*, dans lesquelles s'engagent les plans inclinés *t* des bras T, pivotés sur *o*, de manière qu'en les tournant dans le sens de la flèche (fig. 17) ils serrent P sur la plaque O,

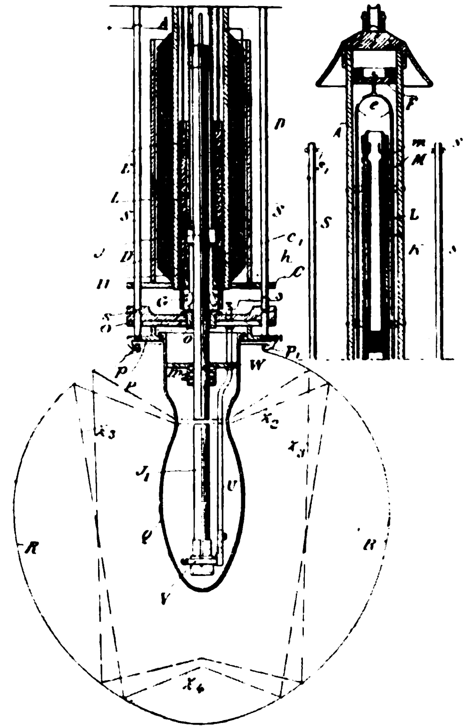


Fig. 15 et 16. — Lampe Steinaker et Cowley.

reliée par *cc* à la plaque C vissée dans le tube de suspension A. On manœuvre T par la chaîne t_4 t_6, un taquet t_7 limitant les mouvements de T*t* pour le desserrage, après lequel les deux globes R et Q descendent jusqu'à l'arrêt des tiges *s* par les taquets *s'* (fig. 15). Lorsqu'on remonte ces globes, le serrage s'opère automatiquement par le rappel t_3, dès que *tt* passe devant les encoches *s s*.

Le charbon inférieur J' est serré par la pince V (fig. 15) de la tige U, dans le petit globe Q, étanche en W, et qui laisse passer le charbon supérieur par une garniture w_2, à cannelures empêchant les rentrées d'air. La

surface du globe Q est disposée autour de l'arc de manière à en réfracter une partie des rayons suivant z_2, z_3, z_4, en formant des foyers de lumière sous le globe Q.

La régularisation de la lampe double de Higham représentée schématiquement par la figure 23 est commandée par un solénoïde en série K, avec noyau lamellaire *k*, à grande self-induction, et dont les armatures D, D′ attaquent par F et les freins *ii*′ les charbons

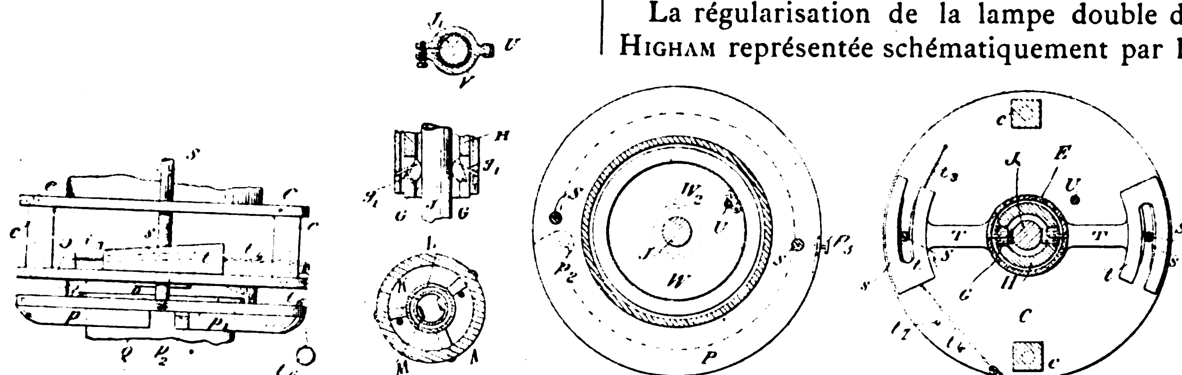


Fig. 17 à 22. — Lampe Steinaker et Cowley. Détail de l'attache du globe et du frein.

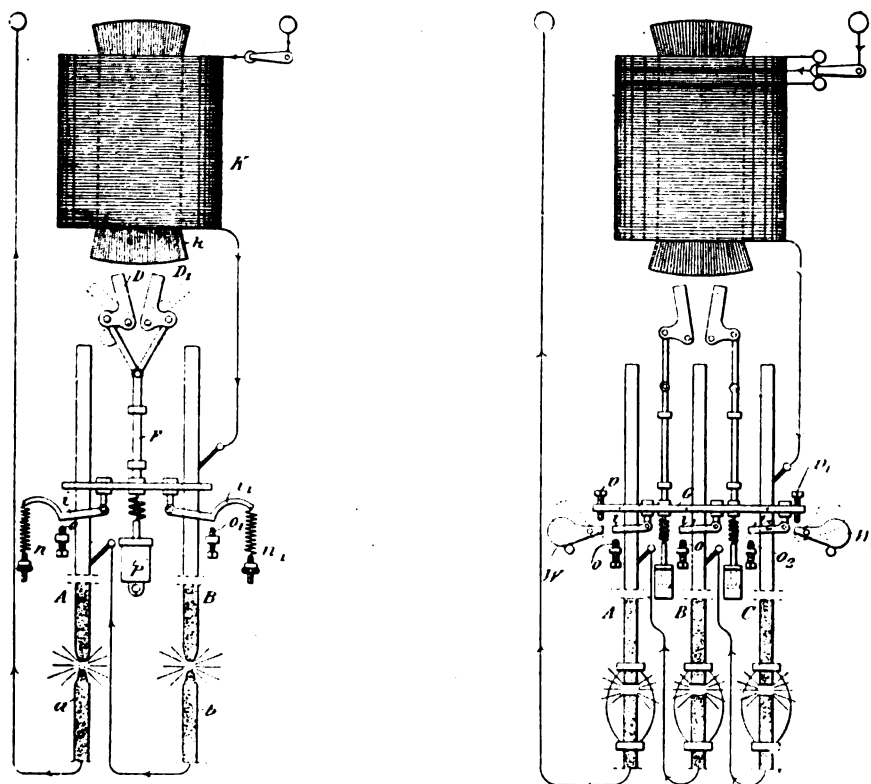


Fig. 23 et 24. — Lampe multiple Higham.

A et B. Ces armatures D et D′ sont disposées de manière à exercer sur A et B un effort sensiblement constant, et le dash-pot P concourt avec l'auto-induction de K à stabiliser l'arc. Lorsque les freins *i* et *i*′ touchent leurs taquets *o* et *o*′ de déclenchement, les charbons A*a* et B*b* ne sont jamais écartés exactement de la même longueur, et les ressorts *n* et *n*′

doivent être ajustés de façon à empêcher les freins de lâcher leurs charbons tant que le courant passe dans l'un des deux arcs, puis à laisser immédiatement après cette rupture A

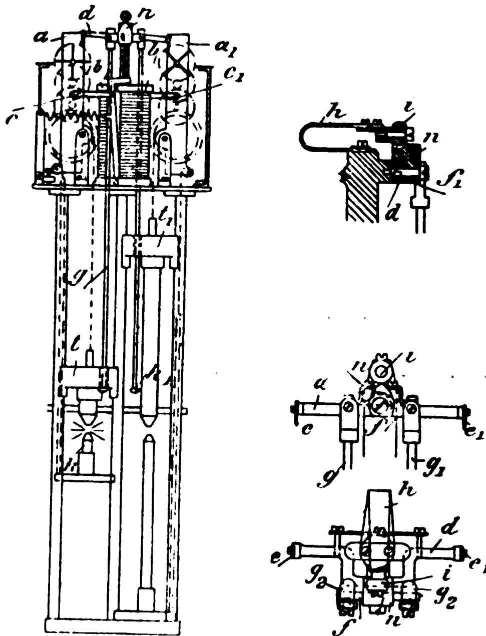


Fig. 25 à 28. — Lampe Mathiesen.

et B_1 tomber au contact de a et de b, et se séparer aussitôt à la longueur normale de l'arc. On évite ainsi toute inégalité excessive entre les deux arcs.

Dans la lampe à trois charbons, figure 24, le rapprochement des charbons est amené par le contact des vis v v' avec les taquets ww', avant la rencontre des freins i i' i'' avec les taquets o o' o'' : les contre-poids ww sont assez lourds pour ne basculer que si la barre G pèse de tout le poids des charbons, c'est-à-dire si le courant est entièrement rompu, et alors le contact de i, i', i'' avec o o' o'' laisse immédiatement retomber les charbons au contact, puis reformer l'arc comme dans la lampe précédente.

La marche de la lampe à deux charbons de W. Mathiesen, représentée par les figures 25-28, est commandée par les mécanismes d'horlogerie a et a_1 et les électros b et b_1, avec armatures c et c_1. Actuellement, dans la position figurée, c'est le mécanisme a qui fonctionne, a_1 étant immobilisé par la palette e_1 du levier d; mais quand le charbon de a sera entièrement brûlé, son porte-charbon t, venant buter sur le bouton R de la tige g, fera basculer le levier f de manière qu'il abaisse par l'appui de ses touches g_2 sur d la palette c et relève e_1, arrête a et déclenche a_1. L'opération inverse se produira par R_1, t_1, g_1 à la fin des charbons de a_1. Le levier f porte une came n, à galet i, pressé sur n par un ressort f, qui achève ainsi vivement, ~~par sa~~ poussée, la bascule de d, commencée par g ou g_1.

(*A suivre.*)

G. Richard.

LES APPAREILS DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE F. LE ROY

Au début de l'année nous signalions ici les intéressants appareils imaginés par MM. Fernand Le Roy et Victor Bidet, en vue de l'application de l'électricité à la cuisine et au chauffage des appartements [1]. Depuis, M. Le Roy a fait connaître dans une communication à la Société des Ingénieurs civils [2] les principes qui l'ont guidé dans ses recherches; de plus, il a perfectionné ses appareils, qui n'étaient guère, au moment où nous en parlions pour la première fois, que des appareils d'essais.

Dans un article où nous nous proposons d'exposer quelques idées générales sur l'utilisation du courant continu au chauffage des appartements et à la cuisine, nous reviendrons sur les considérations d'ordre plutôt économique que technique développées par

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 317, 12 février 1898.

(2) *Mémoires et comptes rendus des travaux de la Société des Ingénieurs civils de France*, Bulletin de février 1898, p. 236-237.

M. F. Le Roy dans sa communication. Pour l'instant nous nous bornerons à faire connaître quelques-uns des appareils nouvellement construits.

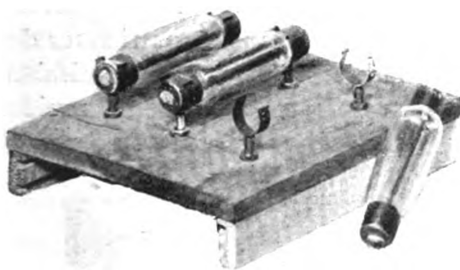


Fig. 1. — Bûches électriques.

Dans tous ces appareils la partie essentielle est ce que les inventeurs dénomment la « bûche électrique ». Cette bûche est constituée par un bâton de silicium aggloméré, aussi pur que possible ; les deux extrémités du bâton sont métallisées et serrées dans des gaines de cuivre ; un tube de verre vide d'air entoure le bâton. Quand on fait passer un courant d'intensité appropriée dans le bâton, celui-ci s'échauffe et au bout de deux à trois minutes atteint, sur presque toute sa longueur, une température de 700 à 800° ; grâce aux épaisses garnitures métalliques des extrémités, celles-ci restent à une température relativement peu élevée, ce qui est indispensable pour la conservation des attaches ; le vide étant fait dans le tube entourant le bâton, l'oxydation de celui-ci, qui se produirait dans l'air, bien que lentement, se trouve évitée.

Le principe des appareils est donc le même que celui de bien des appareils de chauffage proposés et utilisés antérieurement : l'échauffement d'un corps peu conducteur par le passage d'un courant. Mais si le principe est le même, les conditions de son application sont très différentes et nous paraissent à l'avantage des nouveaux appareils.

Ces conditions avantageuses résultent des propriétés électriques et thermiques du silicium.

Par suite de la grande conductibilité électrique des métaux et alliages, il faut, pour obtenir une résistance capable d'absorber une puissance électrique quelque peu élevée, prendre des fils très fins et très longs. Quoiqu'à un moindre degré, il en est de même si l'on substitue aux fils métalliques des filaments de charbon. Au contraire, avec le silicium, dont la résistivité est environ 1 400 fois plus grande que celle du charbon et plus de 200 000 fois plus grande que celle du maillechort, il est possible de prendre, pour absorber une même puissance électrique, une longueur plus faible et une section plus forte (1).

(1) Dans une note communiquée par M. Troost à la séance de l'Académie des sciences du 17 janvier 1898 (*Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 244), M. Le Roy a fait connaître les résultats de ses mesures de résistance des bâtons de silicium ; voici un extrait de cette note :

« Il est facile d'obtenir des bâtons de silicium *aggloméré* pur ayant 40 mm² de section, une longueur de 10 cm et présentant une résistance totale de 25 à 200 ohms suivant que l'on fait varier dans des proportions déterminées l'un ou l'autre des trois facteurs précédents (pulvérisation, compression, cuisson).

» Si nous cherchons à comparer quelles seraient les résistances de trois bâtons ayant tous 40 mm² de section et 10 cm de long et de composition différente, l'un en silicium, l'autre en charbon à lumière, l'autre en maillechort, nous trouvons :

	Ohm : cm				
Silicium .	»	200 ohms	soit	200 000 000	de microhms
Charbon . .	$c = 0{,}006$	0,15	»	150 000	»
Maillechort.	$c = 0{,}000034$	0,00085	»	850	»

» Il s'ensuit que, pour cet exemple donné, le coefficient de résistivité du silicium cristallisé serait 1333 fois plus fort que celui du charbon à lumière, 235294 fois plus fort que celui du maillechort.

» En reprenant au point de vue électrique le problème sous une autre face, il s'ensuit que, pour construire avec les trois matières précédentes une résistance identique de 200 ohms, il faudrait donner à chacune les dimensions suivantes :

		mm²	mm	cm	gr
Silicium . .	»	$S = 40$	»	$L = 10$	$P = 10$
Charbon . .	$d = 1{,}95$	$S = 0{,}03$	$D = 0{,}19$	$L = 10$	$P = 0{,}0057$
Maillechort.	$d = 8{,}62$	$S = 0{,}007854$	$D = 0{,}1$	$L = 4{,}62$	$P = 0{,}3127$

» Dans ce tableau, nous avons comparé les résistances à froid des divers corps employés. Mais la résistance à chaud varie avec la nature même de ces corps et avec les températures auxquelles ils sont portés.

» Pour les métaux, par exemple, nous voyons que la résistance augmente avec la température d'après la formule empirique de Matthiessen

$$R = r_0 (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2).$$

» Pour les crayons en charbon nous n'avons aucune donnée certaine, nous croyons toutefois que pour un filament de lampe incandescente porté à une température de 1800° la résistance à chaud est d'environ 0,50 à 0,60 moindre de ce qu'elle était à froid.

» De nos expériences il résulte que la résistance du silicium à chaud décroît ainsi que celle du charbon.

Cette diminution de la longueur et cette augmentation de la section rendent nécessairement l'appareil plus robuste et moins encombrant. D'un autre côté, l'augmentation de la section a un autre avantage sur lequel il nous semble que l'on n'a pas suffisamment insisté : c'est qu'elle augmente la surface rayonnante. En effet, il ne suffit pas, dans les appareils de chauffage, que la résistance d'un corps ait une valeur suffisante pour absorber une puissance donnée; il faut encore que ce corps soit capable de perdre par rayonnement, dans le même temps qu'il la reçoit, la quantité d'énergie qui lui est fournie ; autrement la température du corps s'élève et celui-ci finit par fondre. Or, l'augmentation de la section augmente la surface rayonnante *pour un même encombrement* et par conséquent ne peut que donner d'excellents résultats dans les appareils de chauffage et en particulier dans ceux de cuisine où la quantité d'énergie calorifique rayonnée par unité de surface utilisable doit être aussi grande que possible.

D'ailleurs le silicium présente encore d'autres avantages sur les fils métalliques. A cause de l'extrême petitesse du diamètre des fils métalliques il faut, tant pour les soustraire à l'action de l'air, qui ne tarderait pas à les oxyder, que pour donner à l'ensemble une résistance mécanique suffisante, les englober dans une matière isolante de l'électricité et cependant bonne conductrice de la chaleur. Malgré les nombreuses recherches qui ont été faites pour obtenir une substance réalisant en même temps ces deux conditions, cette substance est encore à trouver. Celles que l'on emploie présentent en outre un autre inconvénient : elles n'ont pas exactement le même coefficient de dilatation que les fils métalliques qu'elles englobent, et par suite on ne peut guère élever la température de ceux-ci au delà de 300° sans risquer de faire fendiller l'isolant. Or, comme l'émission de la chaleur par une surface croît très rapidement

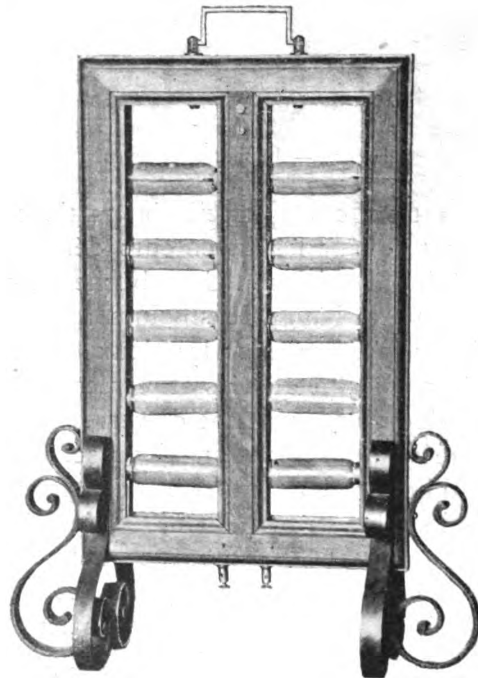


Fig. 2. — Écran radiant.

avec la température, la nécessité de se limiter à une température aussi basse ne permet pas de rayonner autant de chaleur par unité de surface qu'il est possible de le faire avec un bâton de silicium porté à 800°.

Cette dernière considération peut paraître de nature à faire préférer le charbon au silicium, puisque dans une lampe à incandescence on peut porter le filament à une température évaluée à 1 800° au moins, température à laquelle le coefficient d'émission est, pour une même substance, beaucoup plus grand qu'à 800°. Nous croyons en effet qu'à ce point de vue le carbone serait préférable au silicium, mais il ne faut pas oublier que le silicium est environ 1 400 fois plus résistant que le carbone et qu'à cause de cette pro-

» Pour la température de 800° à laquelle sont portés nos crayons, nous trouvons :

R à froid 200 ohms . . . $R_{800} = \frac{E}{I} = \frac{100}{0,8} = 125$ soit 0,625

» 180 » . . . $= \frac{95}{0,8} = 118$ » 0,655

» 37 » . . . $= \frac{47,5}{2} = 23,75$ » 0,641

» 30 » . . . $= \frac{46}{2,5} = 18$ » 0,613

» Il en résulte que pour une température de 800° la résistance diminue d'environ 40 p. 100. »

priété il paraît devoir rayonner, quoique ayant à 800° un pouvoir émissif sans doute moins grand que le carbone à 1 800°, une plus grande quantité d'énergie par *unité de surface utile pour un même encombrement de l'appareil.* D'autre part, le silicium est très certainement préférable au charbon pour une autre raison : il donne en s'oxydant de la silice, qui forme, au moins quelque temps, un enduit protecteur à sa surface, tandis que le charbon donne des gaz qui ne le protègent nullement contre une oxydation ultérieure ; et par conséquent il ne sera pas indispensable de faire dans les tubes des bûches électriques de M. Le Roy un vide aussi parfait que dans les ampoules des lampes à incandescence, ce qui simplifie la fabrication de ces bûches. Encore convient-il de faire observer à ce propos que, la section du bâton de silicium des bûches étant énormément plus grande que celle d'un filament de lampe, la présence d'un résidu d'oxygène qui, dans une lampe à incandescence, provoquerait la rupture du filament, n'aura dans une bûche électrique aucun inconvénient sérieux.

Mais ces considérations sur lesquelles nous avons cru devoir nous étendre pour faire ressortir les progrès que nous semble avoir réalisés M. Le Roy dans la construction des appareils de chauffage à courant continu, nous ont quelque peu éloigné du but que nous nous étions assigné : la description de ces appareils.

La figure 1 indique la forme des bûches et les dispositions de leurs atttaches ; la figure 2 représente un radiateur à douze bûches. Ces bûches peuvent être disposées dans différents appareils de chauffage par le gaz, sans apporter de bien grandes modifications à ceux-ci, le chauffage s'effectuant de la même manière : par rayonnement. On voit, en effet, en figure 3 une cheminée et en figure 4 un chauffe-linge ou chauffe-assiettes, qui ne diffèrent des appareils similaires chauffés au gaz qu'en ce que les rampes de gaz ont été remplacées par des bûches électriques ; les fourneaux de cuisine, les fourneaux pour chauffer les fers à repasser ou à friser, les réchauds de table et de toilette des modèles ordinaires pour le chauffage par le gaz, peuvent être aussi facilement transformés en appareils électriques. Quant au mode de réglage il est identique : de même qu'il suffit, dans les appareils à gaz, d'augmenter ou de diminuer par la manœuvre de robinets, le nombre de brûleurs en service, il n'y a, dans les appareils électriques, qu'à faire varier, au moyen des interrupteurs, le nombre de bûches traversées par le courant.

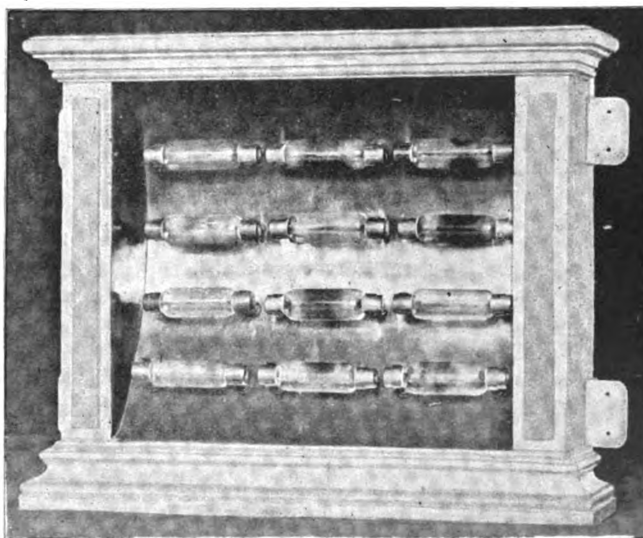


Fig. 3. — Cheminée à réflecteur.

Cette possibilité de pouvoir utiliser un matériel de chauffage déjà existant est non seulement avantageuse par elle-même, mais elle l'est encore indirectement en permettant d'employer les ustensiles d'usage courant, casseroles, bouilloires, etc., en un mot, de ne rien changer aux habitudes acquises. Il est vrai qu'on se prive ainsi d'un des avantages réels revendiqués en faveur des ustensiles fabriqués spécialement en vue du chauffage par l'électricité : une meilleure utilisation de la chaleur qu'avec les ustensiles ordinaires. En effet dans

les premiers, le chauffage des substances se fait par contact, mode de chauffage évidemment plus rationnel que le chauffage par rayonnement, dans lequel une bonne partie de la chaleur engendrée est rayonnée vers des objets autres que celui que l'on veut échauffer. Mais cette meilleure utilisation de la chaleur produite ne peut être réalisée que dans des cas

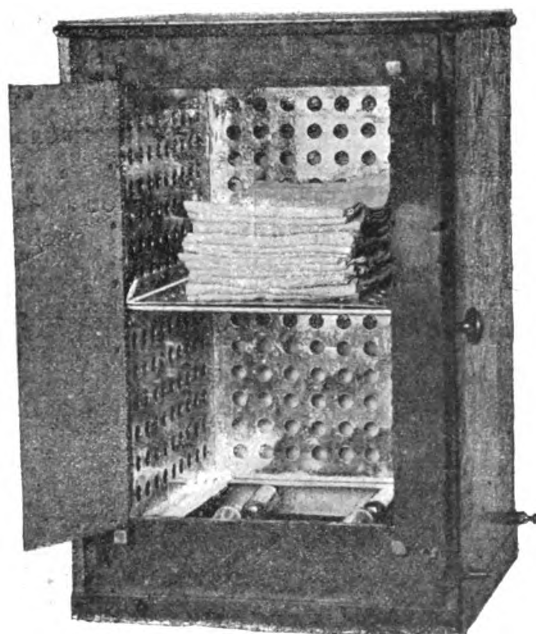


Fig. 4. — Chauffe-linge ou chauffe-assiettes.

particuliers et en employant, pour chaque cas, un ustensile spécial dont le prix de revient est assez élevé et dont l'entretien occasionne une dépense assez lourde pour que souvent il soit plus avantageux de prendre un ustensile utilisant moins bien la chaleur engendrée, mais de construction courante. D'ailleurs quelques perfectionnements de détail, dans les appareils de chauffage aussi bien que dans les ustensiles de cuisine, permettraient sans aucun doute de réduire considérablement la dépense.

Reste maintenant une dernière question : quel est le prix du chauffage au moyen de ces appareils ?

Il est bien évident que quelle que soit la façon dont l'énergie électrique est transformée en calories, un kilowatt-heure ne donnera jamais que 864 grandes calories et que par conséquent, pour la même quantité de chaleur produite, la dépense résultant de la consommation d'énergie électrique sera la même quel que soit l'appareil employé. Mais cette dépense n'est pas la seule ; il faut encore faire intervenir celle qui résulte de l'usure de l'appareil. En outre, il convient de tenir compte de la façon dont la chaleur est utilisée, du rendement de l'appareil, deux appareils pouvant exiger des dépenses de chaleur très différentes pour un même effet utile.

Dans les appareils Le Roy, la dépense résultant de l'usure est insignifiante. Une bûche dure très longtemps; d'après les renseignements fournis par M. Le Roy dans la discussion de sa communication à la Société des Ingénieurs civils, les durées extrêmes constatées étaient 800 et 1 500 heures, alors que la fabrication ne s'effectuait encore que par des procédés de laboratoire ; et d'ailleurs ces bûches n'ont été mises hors d'usage que par des défauts de fabrication, tels que rupture des fils de contact, des douilles, etc., si bien que le bâton de silicium d'une bûche usée pouvait être remonté dans un autre tube. Il semble donc que l'on puisse compter sur une durée moyenne d'au moins 1 200 heures. Comme une bûche exige une puissance de 135 à 150 watts pour être maintenue à sa température normale, c'est donc environ 180 kilowatts-heure qui peuvent être dépensés dans une bûche avant qu'elle soit mise hors d'usage. Le prix de vente d'une bûche n'étant que de 5 fr et sa mise en place pouvant être effectuée par n'importe qui, l'entretien de la partie la plus délicate de l'appareil ne revient par conséquent qu'à 2,5 centimes environ par kilowatt-heure dépensé.

Quant au rendement de l'appareil, il dépend de bien des conditions et ne peut être évalué que par des essais faits sur chaque genre d'appareils. Voici à titre d'exemple les résultats de ceux qui ont été exécutés sur un chauffe-linge (fig. 4) ayant 1 m de largeur, 0,70 m de profondeur et 1,50 m de hauteur,

dont les parois sont garnies extérieurement de carton d'amiante pour éviter autant que possible la déperdition de la chaleur.

Avec quatre bûches alimentées par un courant alternatif sous 110 volts, la température de l'étuve et du linge qu'elle contenait a été amenée en un quart d'heure de 25° à 70° C (trois essais successifs ont donné 65°, 70°, 67°), avec une dépense de 137 watts-heure. En comptant l'hectowatt-heure à 8 centimes, prix de vente moyen des secteurs parisiens, la dépense serait donc de 10 centimes environ pour chauffer tout le linge nécessaire à un bain.

J. REYVAL.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Régulation automatique dans les dynamos à l'aide d'un troisième balai;

Par W.-B. SAYERS [1].

Nous avons décrit l'an dernier [2] l'ingénieux dispositif imaginé par M. W.-B. Sayers pour le réglage automatique de la tension aux bornes d'une dynamo à courant continu par

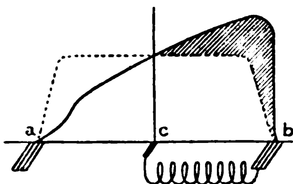


Fig. 1.

l'emploi d'un troisième balai servant à recueillir uniquement le courant d'excitation, conjointement avec un des deux balais ordinaires. Nous pouvons aujourd'hui compléter cette description en donnant les résultats obtenus avec un dispositif de ce genre sur une machine construite par MM. King, Brown et Cie d'Edimbourg et en service chez M. J. White de Glasgow, le fabricant bien connu des appareils de mesures de lord Kelvin. Cette machine du type bipolaire peut donner 300 ampères sous 120 volts à 730 tours.

On sait que le dispositif de M. W.-B. Sayers est basé sur l'inégale répartition du flux en charge sous les cornes polaires ou de la tension d'un balai à l'autre. Tandis que la répartition du potentiel le long de l'armature se

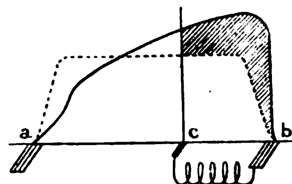


Fig. 2.

fait à vide symétriquement comme le montre la ligne ponctuée de la figure 1, en charge par suite de la distorsion du champ qui détruit la symétrie de cette courbe, la répartition se fait suivant la ligne pleine de la même figure. Il

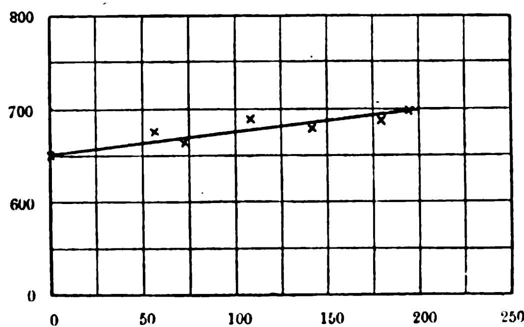


Fig. 3.

en résulte que les tensions entre le balai auxiliaire placé à égale distance des balais normaux et chacun de ceux-ci ne sont égales qu'à vide et que la tension entre le balai pilote et le balai situé en avant de lui dans le sens du mouvement croît proportionnellement à la

[1] *The Electrician* du 8 juillet 1898.

[2] Voir *L'Éclairage Électrique*. C.-F. GUILBERT, Machines dynamo-électriques, t. XIII, p. 14, 1897.

charge dans les limites fixées par la perméabilité ou circuit magnétique de la machine. C'est aux bornes de ces deux derniers balais qu'est prise l'excitation de la machine, excita-

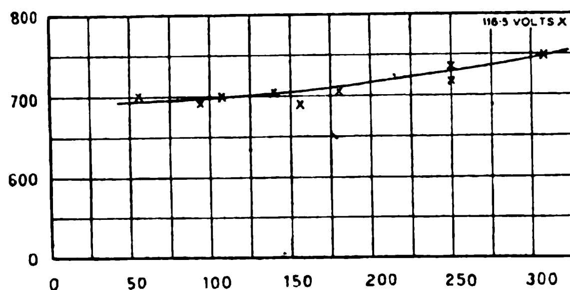


Fig. 4.

tion qui croît ainsi avec la charge et permet de relever la caractéristique en charge.

Le balai auxiliaire peut être placé à une distance quelconque du balai avant; sur la figure 2 il est au tiers de cette distance.

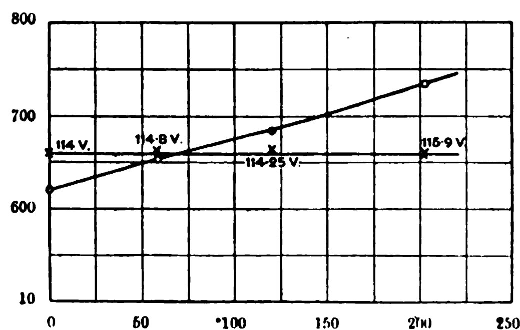


Fig. 5.

Le troisième balai employé était en charbon, et les inducteurs primitivement en série avaient été mis en quantité pour donner le même champ avec la moitié moins de tension à leurs bornes. La vitesse n'ayant pu, dans les conditions ordinaires de l'installation, être maintenue constante quelle que soit la charge, on a dû observer pour une différence de potentiel constante aux bornes les variations de vitesse et celles de la tension aux bornes des inducteurs en fonction de la charge.

Le tableau I se rapporte à la machine fonctionnant avec son enroulement inducteur dans les conditions normales, et le tableau II à la machine modifiée.

TABLEAU I

Vitesse angulaire.	Différence de potentiel aux bornes.	Ampères.
698	115	58
692	114	90
694	115	90
698	115	110
700	115,2	110
696	115	110
702	115	138
686	114,5	155
700	114	180
720	115	250
730	115	250

TABLEAU II

Vitesse angulaire.	Différence de potentiel aux bornes.	Différence de potentiel aux bornes des inducteurs.	Ampères.
676	114	63	0
651	114,5	65,3	50
650	114,5	68,2	90
644	114	69,8	139
652	115	72,3	174
644	115	71,8	171
652	115	74,6	234
653	115	77,2	280

Les courbes 3 et 4 sont des caractéristiques en charge de la machine normale à différence

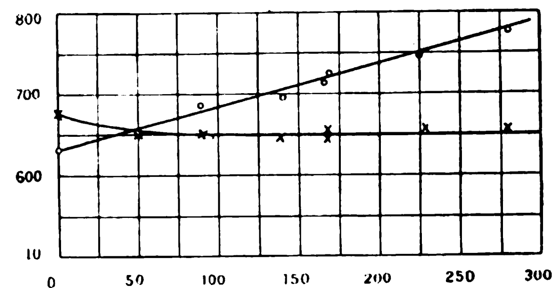


Fig. 6.

de potentiel constante aux bornes et à vitesse variable. Les figures 5 et 6 montrent l'élévation de la tension aux bornes des inducteurs par l'emploi du balai auxiliaire de M. W.-B. Sayers, et les variations de la vitesse pour une tension constante aux balais normaux.

Ces essais sont du reste faciles à répéter sur les machines existantes ayant plus d'une bobine inductrice en série, il suffit de les connecter ensemble en deux groupes en

quantité pour conserver la même excitation avec moitié moins de voltage. C.-F. G.

Pile endoxyque O'Keenan ;

Par Edouard O'Keenan [1].

Cette pile présente plusieurs avantages : en premier lieu, comme la pile Leclanché, elle ne s'use pas en circuit ouvert ; en second lieu, comme la pile Daniell, elle est pratiquement impolarisable pour des débits assez considérables ; enfin le prix de revient de l'énergie électrique produite est beaucoup moins élevé avec cette pile qu'avec celles en usage jusqu'ici.

Un élément se compose d'une lame de zinc, d'une grille en plomb dont les alvéoles sont remplis de plomb spongieux sulfaté, et d'une dissolution de sulfate de zinc où plongent ces deux électrodes.

Quand le circuit de la pile est fermé le courant qui la traverse décompose le sulfate de zinc en SO^4 qui se porte sur la lame de zinc et régénère le sulfate décomposé, et en zinc qui se porte sur l'électrode positive et se substitue au plomb du sulfate de plomb qu'elle contient. L'inventeur paraissant considérer la présence d'un acide comme indispensable au fonctionnement d'une pile, appelle celle-ci *endoxyque* (de ἔνδον, dedans, et ὀξύς, acide) parce que, dit-il, « la plaque de plomb contient l'acide nécessaire à l'action électrolytique sous forme d'un corps inerte, le sulfate de plomb ».

Le fonctionnement de la pile a donc pour effet de dissoudre le zinc, d'augmenter la concentration de la solution de sulfate de zinc, et de transformer le sulfate de plomb en plomb spongieux. Pour éviter la cristallisation du sulfate de zinc, on verse de temps en temps ou d'une façon continue de l'eau pure dans les éléments, tandis que la solution concentrée s'écoule au moyen de trop-pleins prenant le liquide à la partie inférieure du vase. Pour sulfater l'électrode positive quand le sulfate est entièrement réduit en plomb spongieux, on retire cette électrode, on l'expose à l'air pour transformer superficiellement ce plomb en sous-oxyde, puis on la plonge dans de l'eau acidulée par l'acide sulfurique ; on peut d'ailleurs supprimer l'exposition à l'air à la condition d'employer dans la dernière opération de l'eau acidulée assez riche en acide pour que le plomb soit attaqué avec dégagement d'hydrogène.

L'aspect du sulfate de plomb formé est des plus importants. Ce sulfate doit être *gris ardoise* (c'est sans doute un sous-sulfate). S'il est *blanc*, la pile, comme l'a reconnu antérieurement Becquerel, a une grande résistance intérieure et se polarise rapidement.

Les essais faits sur une pile dont la plaque de plomb pesait 7 kg ont fourni les résultats résumés dans le tableau suivant :

Force électromotrice .	$F = 0,54$ volt.
Diff. de pot. initiale utile.	$U_0 = 0,50$ volt.
Intensité initiale	$I_0 = 6$ ampères.
Intensité au bout de 34 heures	$I = 5$ ampères.
Quantité d'électricité débitée en 34 heures.	$Q = 187$ ampères-heure.
Energie électrique produite en 34 heures. .	$W = 91$ hectowatts-heure.
Capacité spécifique . .	$\frac{Q}{7} = 26,7$ ampères-heure.
Energie spécifique. . .	$\frac{W}{7} = 13$ hectowatts-heure.

On voit par ces chiffres que si la force électromotrice est relativement faible, l'intensité du courant que l'on peut obtenir pendant trente-quatre heures consécutives est grande. Quant à la capacité spécifique elle pourrait, suivant l'auteur, être encore augmentée.

Différents modèles de cette pile ont été construits. Généralement les éléments sont constitués par des bacs rectangulaires, très étroits, en fer-blanc. Les lames de zinc sont en contact permanent avec les bacs de manière à former des couples zinc-fer-blanc qui, au début, donnent lieu à un dépôt électrolytique de zinc sur les parois du bac qui se

---

[1] *L'Industrie Électrique* du 10 octobre 1898, p. 430.

trouvent ainsi mises à l'abri de toute détérioration ultérieure. Des rainures creusées dans des blocs de bois placés contre les parois verticales les moins larges des bacs, maintiennent les électrodes. Celles-ci sont généralement en nombre impair, comme dans les bacs d'accumulateurs, une plaque de plomb se trouvant alors placée entre deux plaques de zinc. Les bacs sont rangés les uns à côté des autres; ils sont séparés électriquement par des lames de verre et reposent sur des tubes de verre qui les isolent du bâti. Les connexions sont faites au moyen de godets contenant du mercure où plongent des tiges de cuivre recourbées fixées aux électrodes.

Les éléments des batteries destinées à l'éclairage contiennent 3 plaques de plomb spongieux pesant ensemble 7,5 kg. Leur régime de décharge normal peut osciller entre 0 et 10 ampères avec une différence de potentiel aux bornes de 0,5 volt; il peut être poussé bien au delà et atteindre, par exemple, 60 ampères sous 0,4 volt, mais le rendement est alors moins bon au point de vue économique.

Des éléments plus petits peuvent être utilisés aux mêmes usages que les piles Leclanché : service des téléphones, des sonneries d'appartement, allumoirs, etc. ; ils ne contiennent que 180 gr de plomb; leur capacité est de 4 à 5 ampères-heure. On construit aussi des plaques encore plus petites ne pesant que 28 gr et ayant une capacité de 0,7 ampère-heure; elles servent au montage d'éléments hermétiques destinés à la médecine, aux essais d'isolement, etc.

Le prix de revient de l'énergie électrique produite par cette pile est des plus simples à calculer puisqu'il n'y a pas d'usure en circuit ouvert. A 1000 ampères-heure correspondra une consommation de 1,220 kg de zinc et de 1,850 kg d'acide sulfurique; en comptant le zinc à 0,8 fr et l'acide à 0,15 fr le kilogramme, la dépense totale sera de 1,278 fr. En prenant 0,48 volt comme valeur pratique de la différence de potentiel aux bornes, l'énergie correspondante sera de 4,80 hectowatts-heure, ce qui remet à 0,266 fr le prix de l'hectowatt-heure, soit environ 0,30 fr si l'on tient compte de la perte des déchets de zinc et d'acide.

Ce prix est encore de trois à quatre fois plus élevé que ceux consentis par les Compagnies de distribution d'électricité, mais comme les lampes à faible voltage ont un rendement lumineux, à égale quantité d'énergie dépensée, plus grand que les lampes à 110 volts, l'auteur pense que sa pile peut trouver des applications à l'éclairage des habitations éloignées des centres de distribution.

Une autre application, moins importante, mais qui nous paraît plus facilement réalisable, est son emploi dans les appareils électriques transportables : appareils pour la production des rayons X, appareils de médecine, où l'on emploie actuellement des accumulateurs qu'il faut charger avec des piles lorsqu'on n'a pas à sa disposition un matériel de génération mécanique de l'énergie électrique. Dans ce cas en effet mieux vaut employer directement une pile légère et peu onéreuse d'entretien que d'avoir recours à des accumulateurs. J. R.

L'emploi des compteurs d'énergie sur les voitures de tramways électriques ;

Par E.-G. Connette [1].

Nous avons, à différentes reprises, insisté sur l'économie considérable d'énergie électrique que les compagnies de tramways pourraient réaliser en donnant aux cochers-mécaniciens des instructions précises et en surveillant leur exécution. Dans toutes les entreprises de transport, la plus stricte surveillance est exercée et souvent les mécaniciens sont intéressés dans les économies qu'ils réalisent par une manœuvre intelligente des appareils qui leur sont confiés. Jusqu'à présent, les directeurs de tramways semblent s'être peu occupés de cette ques-

(1) *Street Railway Journal*, septembre 1898, p. 511.

tion importante. Cependant, à Bordeaux [1], en indiquant par des signes apparents les points fixes où les mécaniciens doivent couper le courant avant les arrêts, on a pu réaliser une économie de 10 p. 100 dans la dépense totale d'énergie électrique par voiture-kilomètre; à Chicago, M. Knox [2] a donné des instructions précises aux mécaniciens sur la manœuvre correcte du contrôleur et a obtenu ainsi une économie notable. La leçon qui résulte de l'expérience faite à Nashville, aux Etats-Unis, et décrite par M. Connette, est encore plus frappante : on a établi un compteur d'énergie sur chaque voiture, ce qui a permis de surveiller étroitement l'habileté et les soins de chaque mécanicien; immédiatement la dépense d'énergie électrique par voiture-kilomètre a diminué de 35 à 40 p. 100 !

Un mécanicien peut augmenter la dépense de courant de bien des façons : en maintenant le courant jusqu'auprès des points d'arrêt et en employant les freins pour amener brusquement la voiture au repos, au lieu de couper le courant longtemps d'avance et en laissant ensuite la voiture avancer par la vitesse acquise; en maintenant les freins à très faible distance des roues afin de pouvoir les serrer plus rapidement, ce qui entraîne une perte constante à la moindre négligence; en laissant les freins frotter sur les roues; en maintenant le courant sur les pentes; en fermant le circuit avant que les freins ne soient desserrés, ou en serrant les freins avant de couper le circuit; en manœuvrant mal le contrôleur. Toutes ces fausses manœuvres non seulement causent une dépense excessive d'énergie, mais fatiguent les moteurs, usent inutilement les roues et les freins.

La Nashville Street Railway Company achète son courant à une usine centrale; elle emploie de 45 à 60 voitures de 4,90 à 6,70 m de long qui parcourent tous les jours de 8 000 à 12 000 km; elle payait d'abord le courant fourni à tant par kilomètre parcouru; elle n'avait donc aucun intérêt à réduire la consommation de courant ; mais depuis le 1er février 1898, elle a renouvelé son traité et paye l'énergie fournie à tant le kilowatt-heure. Un fort compteur a été installé à l'usine génératrice et c'est d'après ses indications que les règlements mensuels sont établis.

Dans le but de réduire ses dépenses de ce chef, la Compagnie de tramways a soigneusement vérifié et complété son réseau de distribution tant à l'aller qu'au retour et le soumet à des essais réguliers; grâce à cette précaution, la perte en ligne, donnée par la différence entre le nombre de kilowatts-heure enregistrés à l'usine génératrice et la somme des kilowatts-heure enregistrés sur chacune des voitures, ne dépasse pas 4 à 6 p. 100.

Les compteurs des voitures sont lus chaque fois qu'une voiture rentre au dépôt et chaque fois que le mécanicien est changé; un rapport quotidien est établi, sur lequel sont portés : 1° le numéro de la voiture; 2° le nom du mécanicien; 3° le nombre de kilowatts-heure; 4° le nom de la ligne; 5° le nombre de voyages; le nombre de kilowatts-heure par voiture-kilomètre; 7° la durée du trajet; 8° le nombre de kilomètres parcourus.

Le « record » de chaque mécanicien est établi d'après ces rapports quotidiens; la comparaison des records doit être faite pour des voitures circulant sur les mêmes lignes, car les rampes, les courbes, entraînent des différences notables dans la dépense d'énergie; à la fin du mois, on établit la dépense moyenne par voiture-kilomètre faite par chaque mécanicien sur chaque ligne, et le résultat est affiché afin que tous les mécaniciens puissent le consulter.

Le compteur de l'usine est lu tous les jours à minuit, simultanément avec les compteurs de toutes les voitures.

Anciennement, la dépense par voiture-kilomètre était de 1,1 à 1,2 kilowatt-heure par voiture-kilomètre; depuis que le nouveau

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. V, p. 458, du 7 décembre 1895.

[2] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. V, p. 223, du 2 mai 1895.

règlement a été appliqué, elle est tombée de 0,688 à 0,720 kilowatt-heure. Cette consommation relativement élevée s'explique par ce fait que le réseau comprend de nombreuses rampes importantes et des courbes de très faible rayon.

Les instructions suivantes sont données aux mécaniciens[1] :

1° Au démarrage, laissez la voiture avancer d'au moins sa longueur avant de placer la manette du contrôleur d'un cran sur le suivant ;

2° Ne laissez pas parcourir à la voiture plus de trois fois sa propre longueur lorsque la poignée du contrôleur est sur les 1er, 2e, 3e, 4e et 5e crans;

3° Lorsqu'une grande vitesse n'est pas nécessaire, sur les voies en palier ou en faible rampe, placez la manette sur le 3e cran; à plus grande vitesse, sur le 6e cran ; la 3e position est économique et doit être employée autant que possible ;

4° N'employez *jamais* la 1re position ;

5° Ne renversez le courant pour arrêter la voiture que pour éviter des accidents ;

6° N'appliquez pas les freins avant que le courant soit interrompu ;

7° Ne lancez pas le courant avant que les freins soient desserrés ;

8° N'arrêtez pas en courbe sauf quand il y a un passage pour les piétons, et dans ce cas même, seulement lorsque le sol est boueux ;

9° Ne laissez pas le courant en descendant une voie en pente ;

10° Appliquez-vous à faire le parcours avec la moindre quantité d'énergie possible, en employant la 3e position du contrôleur et en laissant la voiture avancer par vitesse acquise sans dépenser de courant ;

11° N'allumez pas les lampes dans les voitures inutilement.

En résumé, l'emploi des compteurs sur les voitures permet d'obtenir les avantages suivants :

1° Diminution de la dépense totale d'énergie; celle-ci, sur des voies ordinaires, peut atteindre au moins 25 p. 100; elle entraine une diminution correspondante dans le poids du cuivre en ligne et dans la perte d'énergie en ligne ;

2° Diminution de la fatigue des moteurs, de l'usure des roues et des freins et aussi des voitures que les démarrages et les arrêts trop brusques fatiguent ;

3° Vérification automatique de l'état du réseau et du matériel roulant. Si, en effet, la différence entre le nombre de kilowatts-heure enregistrés à l'usine et sur les voitures augmente, c'est qu'une perte existe sur le réseau ; si la dépense d'une voiture sur la même ligne augmente et que l'accroissement reste le même avec différents mécaniciens, c'est qu'une perte existe dans la voiture.

G. P.

[1] Elles se rapportent aux contrôleurs, type K, de la General Electric Cy et seraient modifiées pour d'autres systèmes.

Sur les impuretés du carbure de calcium industriel ;

Par Henri MOISSAN [1].

Dans ce mémoire, l'auteur indique les procédés d'analyse qu'il a employés pour étudier la constitution du résidu insoluble que laisse le carbure de calcium après décomposition par l'eau et donne les résultats de ses recherches. Mais auparavant il expose comme il suit les difficultés qui se sont présentées au début de la fabrication du carbure de calcium et les qualités que l'on peut exiger aujourd'hui du carbure de calcium commercial.

« Bien que la question parût très simple de prime abord, la préparation de tonnes de carbure de calcium a présenté certaines difficultés. Les soins à apporter à la préparation des mélanges, la nature de la chaux et du charbon, la coulée des fours, la conduite de très grosses électrodes que traversaient des courants intenses, ont été autant de questions qui ont dû être étudiées et qui, aujourd'hui,

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 457-464, séance de l'Académie du 3 octobre 1898.

sont en grande partie résolues. Le départ et l'utilisation des gaz incandescents, qui se produisent en abondance dans cette préparation, présentent encore quelques difficultés, mais ce problème, d'après les dernières recherches industrielles, semble entrer dans une très bonne voie.

» Au début de cette industrie, le choix des corps qui entrent en réaction, oxyde de calcium et charbon, laissait beaucoup à désirer. Les premiers industriels qui se sont mis à fabriquer ce carbure de calcium ont pris, comme variété de carbone, des cokes renfermant une grande quantité de matières minérales, riches en soufre et en phosphore. La chaux employée était quelconque, c'est-à-dire presque toujours souillée de silicate d'aluminium, de phosphates et de sulfates. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner qu'un semblable mélange, broyé, puis chauffé au four électrique, ait fourni un carbure de calcium très impur. Ce carbure renfermait du phosphure de calcium, du sulfure d'aluminium, des siliciures, voire même des siliciures décomposables par l'eau. Au contact d'une petite quantité d'eau ce composé produisait aussitôt de l'acétylène très impur souillé d'hydrogène phosphoré et d'hydrogène sulfuré.

» Pour augmenter leurs bénéfices ou par ignorance, ces industriels ont donc, dès le début, produit du carbure de calcium et par suite du gaz acétylène très impur. Cette mauvaise préparation a été la cause des premières difficultés que l'on a rencontrées dans l'application de l'acétylène à l'éclairage. On a compris bientôt qu'il fallait partir de chaux pure et de charbon aussi exempt que possible de matières minérales.

» Aujourd'hui, cette fabrication se fait, le plus souvent, dans de meilleures conditions. On rencontre dans le commerce des carbures de calcium bien fondus, homogènes, à cassure nettement cristalline et à reliefs mordorés bien caractéristiques. C'est toujours à ce carbure que le fabricant de gaz acétylène doit donner la préférence. Malgré l'aspect assez particulier du carbure de calcium, il est bon cependant d'en faire l'analyse. Plusieurs méthodes ont été déjà indiquées et celle de MM. Lunge et Cedercreutz [1], dans laquelle ils font tomber un poids déterminé de carbure de calcium dans un excès d'eau, me paraît donner de bons résultats. La grosse difficulté consiste particulièrement à avoir un échantillon homogène quand il s'agit d'un lot de quelque valeur. La dureté du carbure de calcium rend l'échantillonnage très difficile.

» Théoriquement, 1 kg de carbure de calcium devrait fournir 349 litres de gaz acétylène. En opérant la décomposition de quelques échantillons de carbure de calcium par un lait de chaux, saturé au préalable de gaz acétylène, nous avons obtenu (ramenés à 0° et à 760 mm), les volumes suivants :

	1	2	3	4
$V_0 =$	292,81	294,10	301,30	304,61
		5	6	7
		307,72	316,41	318,77

» Si au contraire le carbure de calcium n'a pas un aspect fondu et cristallisé, s'il est poreux et grisâtre, sa teneur est toujours beaucoup plus faible ; il nous a donné dans ce cas les chiffres 228,60 ; 250,49 ; 260,30. »

M. Moissan rappelle ensuite que l'étude des impuretés du gaz acétylène a été très étudiée [2]. Il fait observer que quelques échantillons renferment des doses d'ammoniaque assez fortes. M. Chuard [3] a mentionné ce fait et trouvé les chiffres suivants : ammo-

---

(1) LUNGE et CEDERCREUTZ. *Zeitschrift für angewandte Chemie*, p. 651 ; 1897.

(2) C. WILGERODT. *Berichte*, p. 2107, 1895. — DE BREVANS. L'éclairage à l'acétylène, *L'Éclairage Électrique*, t. VIII, p. 319, 15 août 1896. — HUBOU. Applications de l'acétylène, *L'Éclairage Électrique*, t. VIII, p. 320. — GIRAUD. Analyse de l'acétylène obtenu par le carbure de calcium, *L'Éclairage Électrique*, t. VIII, p. 320. (Voir aussi pour ces trois derniers mémoires : *Comptes rendus du 2e Congrès international de Chimie appliquée*, t. III, p. 506, 516 et 574.) — BERGÉ et REYCHLER. *Bulletin de la Société chimique*, t. VII, p. 218.

(3) CHUARD. Sur les produits de décomposition du carbure de calcium par l'eau, *Bulletin de la Société chimique*, t. XVII, p. 678, 1897.

niaque dans le gaz, pour 100, 0,03 à 0,06; dans le résidu 0,24 à 0,40. Quatre expériences de M. Moissan sur quatre échantillons différents lui ont fourni les chiffres suivants pour l'azote total :

	1	2	3	4
Az total :	0,02	0,11	0,15	0.31

L'auteur passe ensuite à l'exposé des recherches qu'il a faites pour reconnaitre les corps contenus dans le résidu que laisse le carbure de calcium après décomposition par l'eau sucrée.

Pour étudier plus facilement ce résidu, le carbure de calcium, au lieu d'être traité par l'eau pure, était traité par une solution d'eau sucrée, de façon à maintenir la chaux en solution sous forme de sucrate de chaux. Le résidu, assez faible, car l'opération portait sur 10 gr seulement de carbure, était jeté sur un filtre, lavé à l'eau sucrée, puis à l'eau pure, ces deux liquides étant bien exempts d'anhydride carbonique. On traitait ensuite par l'alcool, et finalement par l'éther. On desséchait enfin à 40° dans le vide.

En examinant ce résidu au microscope, on reconnait qu'il renferme surtout du silicium de carbone, du silicium de calcium et de fer, des parcelles blanches riches en chaux, parfois un peu de sulfure de calcium et du graphite.

Le *siliciure de carbone* peut facilement, à cause de sa grande densité (3,12) et de sa stabilité, être séparé des autres substances. On traite le résidu du carbure de calcium par des attaques alternées à l'acide sulfurique bouillant, puis à l'acide fluorhydrique; il ne reste finalement que le silicium de carbone et le graphite. Par le bromoforme, de densité 2,9, il est facile de séparer ces deux corps.

Le *siliciure de calcium* a été signalé par M. Le Chatelier [1]. M. Moissan l'a rencontré également et a constaté quelquefois la présence de petites sphères contenant du fer, du carbone et du silicium, et aussi celle de cristaux de silice, empilés, décrits par Maisden.

La présence du *sulfure de calcium* dans certains résidus a été décelée en faisant arriver, sous une préparation microscopique, une solution étendue d'acétate de plomb acidifiée par quelques gouttes d'acide acétique. Ce sulfure de calcium ne produit pas d'hydrogène sulfuré par l'action de l'eau en présence de la chaux hydratée, mais il donne naissance à des traces d'un composé organique sulfuré. M. Moissan s'en est rendu compte de la façon suivante : le gaz acétylène, produit par la décomposition du carbure de calcium en présence d'un excès d'eau, passait dans deux tubes de Liebig renfermant une solution d'azotate de cuivre, ou bien de potasse, ou bien encore d'azotite de plomb. Il était ensuite brûlé et les gaz de la combustion, appelés par un aspirateur, barbotaient dans une petite quantité d'eau distillée, maintenue à 0°. Dans les trois cas, il se formait, par le fait même de la combustion, une petite quantité d'acide sulfurique qu'il était ensuite facile de déceler. Les tubes de Liebig avaient retenu toute trace d'hydrogène sulfuré et laissaient passer cependant un composé sulfuré.

Le *sulfure d'aluminium* se rencontre quelquefois lorsque la chaux employée renferme du silicate d'alumine et en même temps des sulfates ou sulfures. Il est décomposable par l'eau froide en donnant de l'hydrogène sulfuré.

Le *siliciure* et le *carbo-siliciure de fer* sont en très petites quantités, variables d'un échantillon à l'autre et dépendant surtout de la pureté du carbone employé.

Le *phosphure de calcium* est l'impureté la plus gênante; il donne en présence de l'eau de l'hydrogène phosphoré. Le phosphore se trouve encore dans les petites sphères à aspect métallique contenant du fer et du silicium.

Le *graphite* se rencontre dans certains échantillons. M. Moissan l'a obtenu en lamelles très minces, parfois hexagonales, le plus souvent contournées et irrégulières; il

[1] Le Chatelier. Sur les impuretés du carbure de calcium commercial. *Bulletin de la Société chimique*, t. XVII, p. 793, 1897.

retient avec énergie de la silice et du calcium.

Le *diamant*, dont la présence dans le carbure de calcium avait été signalée, n'a pas été trouvé par M. Moissan dans les nombreux échantillons qu'il a soumis à l'analyse.

J. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Phosphorescence du verre et émission de rayons cathodiques après l'excitation du tube;

Par A. Sandrucci [1].

Un tube de Crookes conserve quelques instants sa luminescence lorsque l'on arrête l'excitation. Trois hypothèses se présentent à l'esprit pour expliquer ce phénomène.

1° Le verre, rendu fluorescent par la décharge, continue, quand celle-ci a cessé, à émettre de la lumière par phosphorescence propre; l'émission des rayons cathodiques cesse aussitôt que la différence de potentiel des électrodes est ramenée à zéro.

2° Après la décharge, le verre n'émet plus par lui-même de lumière; mais l'émission des rayons cathodiques continue, quoique avec une intensité moindre, et produit la fluorescence du verre.

3° Les deux actions, fluorescence du verre et émission de rayons cathodiques, ont lieu simultanément.

L'auteur, pour décider entre ces hypothèses, a recours à la déviation au moins partielle des rayons par le champ magnétique. Il fait agir la force magnétique de façon à dévier notablement le faisceau et à le concentrer sur une partie restreinte du tube, qui émet alors une vive lueur.

Après avoir excité simultanément le tube et l'électro-aimant pendant quelques minutes, on interrompt ces deux actions.

La portion de la paroi frappée par les rayons reste plus lumineuse que les autres parties; mais, quelque temps avant l'extinction complète, cette différence disparaît et l'on ne distingue plus la région où l'action des rayons était le plus énergique.

Ayant excité seulement le tube, on interrompt celui-ci et on envoie immédiatement le courant dans l'électro-aimant. On observe à chaque excitation ou extinction du champ magnétique un notable déplacement de la fluorescence résiduelle.

Enfin, le tube fonctionnant, on excite l'électro-aimant pour comparer l'action magnétique exercée sur la fluorescence ordinaire et sur la fluorescence résiduelle. Les déplacements sont exactement dans le même sens.

L'auteur conclut de là que la troisième hypothèse est la plus vraisemblable. Le verre frappé par les rayons cathodiques devient non seulement fluorescent comme le platinocyanure de baryum, mais aussi phosphorescent comme le sulfure de calcium sous l'action des rayons solaires. En outre, la cathode peut continuer à émettre des rayons cathodiques, déviables par l'aimant pendant un temps assez long après l'excitation du tube.

Il nous semble cependant que les résultats obtenus n'excluent pas la deuxième hypothèse, puisque, dans les conditions habituelles, le faisceau émis par la cathode n'est pas dévié en totalité par le champ magnétique; il se pourrait qu'il n'y eût ici qu'émission de rayons cathodiques, la plus grande partie, mais non la totalité, étant déviée par l'aimant.

D'après l'auteur, ces résultats sont un argument en faveur de la théorie de Goldstein sur l'origine et la nature des rayons cathodiques. Car l'hypothèse de Crookes, J.-J. Thomson, A.-C. Swinton et tant d'autres, que l'électrode

[1] *Nuovo Cimento*, t. VI, p. 322, novembre 1897.

négative électrise les molécules gazeuses qui la touchent et accroît leur vitesse en produisant un courant de matière électrisée qui serait précisément le faisceau cathodique, semble en contradiction avec la persistance du phénomène. Au contraire, suivant les idées de Goldstein, Hertz, Wiedmann, Lenard, les rayons cathodiques ont leur siège dans l'éther et non dans le milieu matériel; dans ce cas, la décharge peut, par transformation d'énergie, dit M. Sandrucci, mettre la cathode en état de produire des vibrations spéciales de l'éther et cet état persiste; telle une corde continue à vibrer après le coup d'archet; ou mieux, un corps lumineux par calorescence continue à émettre de la lumière après l'action de la chaleur.

Les vibrations électriques de l'éther ne pourraient-elles pas, comme les vibrations calorifiques, subir, dans les conditions spéciales de la décharge des tubes de Crookes, un raccourcissement considérable de longueur d'onde de façon à se transformer en radiations cathodiques?

G. Goisot.

Sur l'orientation d'un disque de sélénite dans un champ électrique uniforme;

Par A. Righi [1].

L'auteur indique que la relation de Maxwell, entre l'indice de réfraction et la constante diélectrique, doit être vérifiée par raison de symétrie pour les diélectriques appartenant aux deuxième, troisième et quatrième systèmes cristallins; mais la vérification expérimentale est indispensable dans le cas des deux derniers systèmes.

La coïncidence entre les axes d'élasticité optiques et les axes de polarisation électrique, qui résulte de la relation de Maxwell, se vérifie mieux quand on détermine la direction de ces derniers au moyen d'un champ électrique rapidement alterné, et celle des axes optiques en employant les ondes électromagnétiques. L'auteur applique cette méthode à la sélénite, qui appartient au système monocyclique, parce que la détermination des axes qui correspondent aux trois indices de réfraction principale relatifs aux ondes électromagnétiques, a déjà été faite. Il cherche si l'axe de polarisation électrique principale coïncide avec la direction de clivage secondaire qui est celle du maximum d'indice de réfraction principale.

Knoblauch, dans des expériences analogues, avait trouvé un résultat négatif.

Dans les recherches exposées ici, on a employé des disques de sélénite de 2 cm de diamètre et 2 mm d'épaisseur, percés d'un petit trou suivant l'axe. Le disque est enfilé sur un fil de verre rectiligne légèrement conique, dont l'extrémité supérieure effilée est reliée à un fil de quartz très fin et long de 22 cm environ.

Le disque de sélénite est ainsi suspendu entre deux plateaux verticaux de laiton, parallèles entre eux et dont la distance peut varier à volonté; cette distance a été maintenue habituellement à 2,5 cm. Le tout est enfermé dans une cage de verre dont l'air est desséché par l'acide sulfurique.

Les deux plateaux, étant à des potentiels de signes contraires, engendrent un champ sensiblement uniforme dans lequel se meut le petit disque de sélénite. Pour produire les charges alternatives nécessaires, l'auteur a adopté le dispositif de Lecher, en modifiant un peu les dimensions pour pouvoir obtenir des potentiels plus élevés.

Les quatre plaques métalliques sont carrées et ont un m de côté. Les primaires sont distantes des secondaires de 4 cm et reliées à deux boules de laiton de 4 cm de diamètre et distantes de 0,8 cm. Les deux fils horizontaux qui vont des plaques secondaires aux plateaux de l'appareil, ont un peu plus de 1 mm de diamètre et 9,5 m de long, à 26 cm d'intervalle. Pour trouver la position des ponts on a employé un petit tube de Geissler. La longueur d'onde était de 14 à 15 m, et la

[1] *R. Accad. delle Scienze de Bologne*, 30 mai 1897.

période du champ dans lequel se déplaçait la sélénite de 5×10^{-8}.

En actionnant la bobine, on voyait le disque suspendu se mettre en rotation et s'arrêter après de lentes oscillations. Il reprenait sa position initiale, quand la bobine était interrompue.

Le déplacement était tel que la direction de clivage susdite se plaçait suivant les lignes de force; il restait cependant un certain angle entre ces deux directions. L'angle était d'autant plus petit qu'il était lui-même plus faible avant l'excitation du champ; en particulier, s'il était nul au début, il n'y avait pas de déplacement. Le petit angle observé semble donc dû au fil de quartz.

Il résulte de ces expériences répétées plusieurs fois et avec différents disques de sélénite, que, dans les limites de précision auxquelles le dispositif décrit peut prétendre, la direction du maximum de constante diélectrique coïncide avec la direction du maximum d'indice de réfraction principale, pour les ondes électromagnétiques; ce qui est conforme à la relation de Maxwell. G. G.

Sur le retard dans la décharge par les pointes;

Par K. WESENDONCK [1].

Après les recherches de M. Warburg sur le retard de décharge, l'auteur a cru devoir reprendre le travail qu'il avait fait sur la décharge par les pointes [2].

Il a retrouvé les résultats généraux de son mémoire antérieur, soit qu'il chargeât la pointe très lentement ou plus rapidement.

En maintenant la pointe pendant cinq ou six minutes à un potentiel constant, voisin du potentiel explosif préalablement déterminé, on ne pouvait abaisser d'une façon appréciable ce potentiel si la pointe était positive; l'abaissement était très sensible si la pointe était négative.

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 116.

(2) *Wied. Ann.*, t. LX, p. 227.

En chargeant lentement une pointe formée d'une aiguille d'acier on retrouvait encore ce résultat que les potentiels négatifs (pointe négative) étaient plus grands que les potentiels positifs (pointe positive), mais ceci était moins fréquent et moins accentué que dans le précédent travail.

Les potentiels explosifs varient dans des limites assez larges, même dans la charge lente d'une pointe dorée dans un vase soigneusement poli, en l'absence de toute vapeur mercurielle par exemple; les potentiels positifs varient de 1 400 à 1 600, les potentiels négatifs de 1 300 à 1 650; dans l'hydrogène les écarts sont moins grands, les potentiels positifs varient de 1 450 à 1 500, les potentiels négatifs de 1 350 à 1 500.

En introduisant quelques gouttes de mercure dans le vase on remarquait au bout de quelques jours une augmentation notable des potentiels explosifs; cette augmentation était plus considérable pour les potentiels négatifs: de 1 500 ils passaient à 1 900. On remarquait en outre que si la première décharge se faisait à 1 600, la suivante se faisait à 1 900.

En résumé, malgré toutes les précautions prises par l'auteur, le phénomène de la décharge par les pointes en effluves et aigrettes ne présente pas la régularité et la constance que l'on aime à trouver dans toute étude expérimentale.

Lumière émise par certaines électrodes à l'intérieur des électrolytes;

Par F. BRAUN [1].

L'émission de lumière s'observe à la surface d'une électrode d'aluminium plongée dans de l'acide sulfurique étendu, que traverse un courant alternatif (100 alternances); la lumière est blanc mat ou jaune rougeâtre et présente l'aspect phosphorescent. Lorsque le courant est très intense, cette lumière devient bleuâtre et on aperçoit en certains

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 361-364, mai 1898.

points de petits éclairs très brillants; en général, les lueurs disparaissent quand on supprime le courant.

Si on emploie comme électrode une bande étroite d'aluminium ou un fil de 3 mm de diamètre, on aperçoit dans un miroir tournant une série d'images brillantes séparées. C'est toujours sous l'action de la demi-oscillation du courant qui le polarise par l'hydrogène que le métal s'illumine. On a relevé au moyen d'un miroir tournant les instants où le fil s'illumine, et, d'autre part, la courbe représentant la marche du courant, enregistrée au moyen d'un faisceau de rayons cathodiques.

On a constaté ainsi que l'illumination ne se produit que quand l'aluminium est cathode. Le métal commence à luire seulement quand la densité du courant a atteint une certaine valeur et les lueurs cessent quand la densité est tombée au-dessous de cette même limite.

Les particules qui émettent une lumière d'un blanc presque pur s'éteignent en même temps que la lumière mate émise par la surface entière de l'électrode; le phénomène paraît donc être de même nature pour ces points isolés que pour le reste de l'électrode, à l'intensité près. Ce phénomène peut être utilisé pour reconnaître les différences de phase des courants, par exemple en reliant trois fils d'aluminium placés parallèlement l'un à l'autre aux trois branches d'un courant triphasé.

Au moment de la fermeture du circuit d'un courant continu, une cathode d'aluminium s'illumine également; si on répète plusieurs fois de suite l'expérience, l'éclat de la lumière va en diminuant, et après une douzaine de commutations, on n'aperçoit plus rien. Si on polarise la cathode par l'hydrogène, elle reprend ses propriétés primitives.

Une feuille d'aluminium polie, qui n'a pas été encore polarisée par l'oxygène et qui est employée immédiatement comme cathode, ou bien une feuille qui a été oxydée superficiellement dans une flamme, n'émettent aucune lumière.

Il semble que cette illumination du métal doit être précédée de la formation de cette couche superficielle qui agit comme soupape électrique. Dans les dissolutions où cette couche superficielle ne se forme pas, celles de chlorure de sodium, par exemple, il n'y a pas non plus de phénomène lumineux ; au contraire, on l'observe dans d'autres solutions comme celles de ferrocyanure de potassium, de sulfate de zinc, de sulfate de fer.

Le magnésium s'illumine aussi dans des dissolutions convenablement choisies ; le zinc, plus faiblement. Avec le zinc, le phénomène est le plus brillant quand il fonctionne comme anode dans une dissolution de sulfure de sodium. Le système fonctionne aussi comme soupape, mais avec un très mauvais rendement, rendant seulement en courant continu 0,1 ampère pour un courant alternatif de 3 amp d'intensité efficace.

M. L.

BIBLIOGRAPHIE

La traction électrique sur voies ferrées, par André Blondel et F. Paul Dubois, ingénieurs des ponts et chaussées. — Deux beaux volumes grand in-8, contenant plus de 1700 pages et 1014 figures. *Baudry et Cie*, éditeurs, 15, rue des Saints-Pères. Prix, reliés, 50 francs.

Comme le dit M. Potier dans la préface de cet ouvrage : « l'un au moins des auteurs est déjà trop bien connu, en France et à l'étranger, par ses travaux sur la Photométrie, l'Arc, l'Éclairage et la Théorie des moteurs à courants alternatifs, pour que ses écrits n'attirent pas l'attention de tous ceux qui s'intéressent aux progrès des applications de l'électricité ». Aussi craignons-nous d'être bien en

retard en le présentant seulement aujourd'hui, près de trois mois après sa publication, aux lecteurs d'un journal où ont été publiés la plupart des remarquables travaux dont parle M. Potier; beaucoup sans doute se sont empressés de se le procurer dès l'annonce de la mise en vente, certains d'avance d'y trouver un véritable traité didactique de la traction.

C'est là, en effet, le but que se sont proposé MM. Blondel et Paul Dubois. Ils l'ont, à notre avis, parfaitement atteint et ces deux gros volumes, formant ensemble plus de 1700 pages, qu'ils viennent de publier constituent une mine de renseignements où viendront certainement puiser pendant bien des années, les ingénieurs de traction. Ils ont, en effet, cherché avant tout à dégager des leçons de l'expérience des idées générales qui puissent servir de guide durable dans la recherche de nouveaux perfectionnements, qui puissent mettre les lecteurs en état de se tenir ensuite eux-mêmes au courant des applications nouvelles et des progrès de chaque jour par la lecture des périodiques spéciaux.

La partie descriptive n'a d'ailleurs pas été sacrifiée pour cela ; de nombreuses coupes cotées du matériel des diverses parties d'une installation de traction, voies, moteurs, voitures, etc., en sont la preuve. Sans doute on y rencontre rarement les illustrations à effet dont sont si prodigues les constructeurs de tramways et de chemins de fer électriques de l'autre côté de l'Atlantique. Mais, si elles flattent l'œil, ces illustrations n'apprennent pas grand'chose et nous devons être reconnaissants aux auteurs de les avoir sacrifiées et remplacées par des documents plus substantiels. Le lecteur désireux d'avoir de plus amples renseignements sur les installations signalées dans l'ouvrage, n'a d'ailleurs aucune peine à les trouver. La partie bibliographique a été en effet fort bien soignée : outre les renvois indiquant les sources originales, un index bibliographique très complet classé par noms d'auteurs termine le second volume.

Il est à peine besoin de dire que tout l'ouvrage est marqué d'un cachet d'originalité qui rehausse considérablement la valeur des documents qu'on y trouve. Certes, bien des parties ne se prêtaient guère, par la nature des sujets traités, à des idées originales, mais encore fallait-il apporter quelque discernement dans le choix des renseignements à y placer et une certaine méthode dans le groupement et l'exposé de ceux-ci, et c'est ce que les auteurs n'ont pas manqué de faire. D'autres parties, au contraire, exigeaient que les auteurs donnassent leur opinion motivée; ils n'y ont pas manqué non plus.

Parmi ces dernières parties, nous signalerons tout particulièrement l'appendice n° 2, traitant des conditions de sécurité, de la réglementation et du contrôle technique des installations de traction électrique où les auteurs publient un projet de réglementation très détaillé après avoir indiqué les raisons qui les y ont conduits. Sans doute certains points de ce projet pourront être critiqués, mais n'est-ce point précisément le propre des idées originales de soulever les critiques? Quoi qu'il en soit, l'extension que prend chaque jour en France la traction électrique rend nécessaire une réglementation de ce genre, et comme l'écrit M. Potier dans la préface, il est vraisemblable que, dans leurs grandes lignes au moins, les futurs règlements ne s'écarteront pas beaucoup des propositions des auteurs, tous deux ingénieurs des Ponts et chaussées, corps auquel appartient en fait le contrôle des tramways. La discussion de ces propositions avant l'adoption par l'administration d'un règlement définitif ne peut donc qu'être de la plus grande utilité pour les intéressés.

Passons à l'analyse sommaire de l'ouvrage.

Disons de suite que l'importante question de la distribution de l'énergie dans les installations de traction n'est pas traitée dans cet ouvrage. La considérant comme un cas particulier de la transmission électrique de l'énergie à distance, compliquée par le déplacement des appareils récepteurs, les auteurs se réservent de la traiter avec l'ampleur nécessitée par son importance, dans un autre ouvrage en préparation. Celui qui vient d'être publié ne comprend donc que la traction proprement dite et encore n'y est-il question que de la traction sur voies ferrées, les automobiles routières étant laissées de côté.

Il est divisé en trois parties : la Voie ferrée, le Matériel roulant, la Traction ou étude complète du moteur de traction. Cette dernière partie et le dernier chapitre de la seconde forment le second volume. Celui-ci sera analysé prochainement par M. Pellissier, que sa compétence en matière de traction désignait tout spécialement. Nous nous bornerons aujourd'hui à l'indication des matières traitées dans le premier volume.

L'étude de la Voie ferrée est précédée d'un historique à la fois concis et complet. Dans cette étude, MM. Blondel et Paul Dubois ont laissé de côté les voies ferrées électriques établies sur plate-forme

séparée, ces voies se traitant comme celles des chemins de fer à vapeur, sur lesquelles des ouvrages spéciaux ont été publiés. Par contre, ils donnent des indications détaillées sur les voies sur chaussée pavée ou empierrée. A signaler dans cette étude le paragraphe fort intéressant consacré aux rails soudés et celui consacré aux dépenses d'établissement des voies.

L'étude du Matériel roulant débute par la description des procédés employés pour l'adaptation des moteurs électriques à la traction. Les divers modes de transmission du mouvement de l'arbre du moteur à l'essieu moteur, les divers modes de suspension du moteur lui-même sont successivement passés en revue.

Dans le chapitre suivant, qui ne comprend pas moins de 113 pages, se trouvent l'exposé de l'évolution des types de moteurs de traction, la description générale des moteurs modernes, celle des types particuliers des divers constructeurs et enfin des moteurs de traction à courants alternatifs; ce dernier paragraphe, bien qu'il n'ait jusqu'ici qu'une médiocre utilité pratique, les lignes de traction à courants alternatifs n'étant encore qu'au nombre de trois ou quatre, est particulièrement intéressant par les opinions qu'expriment les auteurs, et nous regrettons d'être obligé de le signaler seulement.

Les voitures automobiles pour tramways et pour chemins de fer sont l'objet du chapitre suivant. Après des généralités sur les conditions que doivent remplir les divers organes de la voiture : trucks, caisses, appareils accessoires, les auteurs donnent la description de quelques voitures des types les plus employés.

Dans le dernier chapitre du volume consacré aux locomotives électriques nous signalerons plus spécialement le paragraphe sur la comparaison entre les locomotives électriques et les locomotives à vapeur.

Deux Appendices et vingt-neuf Annexes terminent le volume. Dans le premier appendice les auteurs ont rassemblé les renseignements leur paraissant mériter le plus de confiance sur les dépenses d'établissement et d'exploitation des installations de traction électrique. Le second est, comme nous l'avons dit plus haut, consacré à l'étude des conditions de sécurité de toute sorte que doivent remplir les installations de traction. Les annexes sont, en grande partie, des reproductions des cahiers des charges de divers réseaux de traction électrique et des règlements, lois, décrets, arrêts qui régissent ces installations tant en France qu'à l'étranger. Quelques-uns cependant ont un caractère technique ; parmi ceux-ci nous remarquons un exemple de calcul de moteur de traction à courant continu dont le projet est établi par les auteurs. Signalons aussi l'annexe n° 2, où les auteurs, après avoir fait remarquer que souvent l'on va chercher à l'étranger ce qu'on peut se procurer en France dans d'aussi bonnes conditions, donne la description d'un moteur Labour, de la Société L'Éclairage Électrique, d'une puissance de 6 chevaux, pour locomotives de mines.

Telles sont, rapidement indiquées, les matières que contient le premier volume. Cette brève indication suffira, espérons nous, pour décider les retardataires à prendre connaissance d'un ouvrage qui, ainsi que nous l'avons dit, servira pendant longtemps de guide aux ingénieurs, de jour en jour plus nombreux, qui ont besoin de s'initier à la traction élecrique.

J. Blondin.

CHRONIQUE

Les tramways électriques de Livourne. — La ville de Livourne est une des premières villes d'Italie qui ont substitué la traction électrique à la traction animale. L'installation est à fil aérien et fonctionne depuis octobre 1897. L'exploitation est intensive à une époque de l'année ; le réseau est simple, il se développe le long de la mer en desservant les villes et les faubourgs ; c'est une ligne de promenade et non une ligne industrielle, il n'y a en effet pas de centres manufacturiers en cet endroit. Nous empruntons la description de cette installation à *L'Elettricista*.

La station centrale occupe une superficie d'environ 6700 m², elle est à peu près au centre du réseau, près de la mer, dans la localité de Santo Jacopo. Elle comprend une salle de machines, une salle de chaudières, un dépôt de charbon, une remise pour les voitures, un atelier de répara-

tion, des magasins et les bureaux de la direction.

La puissance actuelle est de 1 000 chevaux environ, divisée en trois unités de 330 chevaux; les locaux ont été prévus en vue de cinq unités.

Les trois chaudières, du type tubulaire Babcock Wilcox, ont chacune une surface de chauffe de 235 m^2 et travaillent normalement à la pression de 6 à 10 atmosphères. Chacune peut alimenter une des unités susdites. Les tubes de vapeur sont du type à anneau et munis de séparateurs automatiques d'eau condensée.

L'alimentation est assurée par deux pompes à vapeur Duplex. Etant donné le défaut d'eau pour les chaudières, on recueille l'eau de pluie dans une grande citerne de 350 m^3. A défaut de celle-ci, les pompes aspirent l'eau d'un puits situé à l'intérieur de la station. Dans ce cas l'eau doit être épurée chimiquement. Du reste, les machines étant à condensation, l'eau est réemployée continuellement, en séparant l'huile par décantation et filtration dans des vases à diaphragme.

Les trois machines à vapeur sont accouplées directement aux dynamos sans intermédiaire élastique. Elles sont du type compound-tandem.

Les dynamos, à courant continu et à enroulement compound, développent normalement 225 kilowatts à 550 volts avec surcharge éventuelle. Chaque unité produit le mouvement de 16 voitures motrices avec autant de remorquées.

Les différentes connexions des dynamos sont réunies au tableau de distribution contenant les appareils de mesure et de contrôle. Chaque unité possède un ampèremètre, un rhéostat d'excitation, une valve de sûreté, deux interrupteurs, deux voltmètres (un pour la ligne et un pour l'accouplement de deux unités), avec interrupteur à plusieurs directions.

La partie du tableau qui correspond à la ligne comprend les appareils pour quatre feeders, ampèremètres, interrupteurs automatiques à maxima, valves de sûreté et parafoudres. Enfin il y a un wattmètre et un galvanomètre.

Dans la salle des machines, outre les accessoires habituels, se trouvent :

1° Une machine à vapeur et une dynamo pour l'éclairage de la station; la machine est verticale, à grande vitesse et régulateur central; sa puissance est de 15 chevaux. La dynamo est bipolaire, compound avec transmission à courroie; elle fonctionne normalement à 550 volts. L'éclairage est assuré par 130 lampes à incandescence en série de cinq et par 11 lampes à arc avec tableau de distribution spécial.

2° Une grue à pont de la force de 10 tonneaux, portée 15 m.

3° Un siphon pour l'approvisionnement d'eau de circulation dans les condensateurs. On emploie l'eau de la mer, au moyen de deux puits, un sur la plage, l'autre à l'intérieur de la station et reliés par un siphon de 50 cm de diamètre, qui s'amorce à l'aide d'un élévateur à vapeur type Kœrting.

Les remises peuvent contenir 100 voitures; elles abritent les ateliers de menuiserie, de peinture, la forge, etc. La remise des voitures motrices est à fosses pour la visite des trucks. Les machines des ateliers sont mues par transmission commandée par un électromoteur. L'éclairage est fait par lampes à arc et à incandescence fixes et mobiles.

La ligne est presque entièrement à double binaire; elle part de la station, traverse la ville avec deux branches qui se réunissent à la mer, de là elle suit la plage jusqu'à Antignano. Le développement en voie simple est de 22 km. La prise de courant est par trôlet; l'alimentation est faite par quatre feeders souterrains, reliés au fil de service, divisé en quatre sections indépendantes. La division est produite par des interrupteurs placés le long de la ligne, et que l'on manœuvre à la main.

Les supports de la ligne aérienne sont constitués par des fils d'acier transversaux, soutenus par des rosaces à l'intérieur de la cité et par des poteaux tubulaires d'acier à l'extérieur. Le fil de service en cuivre silicié de 8 mm est à 6 m au-dessus de la voie.

Les courbes même de petit rayon sont fréquentes, mais les pentes sont peu accentuées. On étudie actuellement la ligne de Livourne à Montenero, qui a de fortes pentes.

Les voitures, au nombre de 36, peuvent contenir 44 voyageurs, elles sont à volonté ouvertes ou fermées.

Chacune est munie de deux moteurs de 15 chevaux et peut traîner deux voitures de remorque. Les moteurs sont à excitation en série, tétrapolaires avec balais à 90° et réduction de vitesse. Ils sont suspendus aux trucks par un soutien unique à ressort placé au milieu de la voiture. Ils peuvent aisément être mis hors circuit en cas de dégât.

Le contrôleur se compose comme d'habitude de deux organes : l'inverseur de marche et le régulateur en série et en parallèle avec cinq positions, dont deux sans résistance. Il est muni d'un frein

électrique fonctionnant par la mise en court-circuit des moteurs, et d'un souffleur magnétique pour les arcs qui peuvent se produire éventuellement entre les différents contacts.

L'éclairage est produit par cinq lampes à incandescence en dérivation.

Chaque voiture est protégée des décharges atmosphériques par un parafoudre à lames et une bobine de self-induction insérée dans le circuit des moteurs.

La vitesse normale est de 16 km en dehors des endroits habités. G.

Réseau de tramways électriques de Springfield et Holyoke (Massachusetts). — Le *Street Railway Journal* du mois d'août décrit le nouveau réseau électrique de Springfield et Holyoke, villes des États-Unis, distantes de 16 km et considérées comme très manufacturières. Voici, d'après le *Génie Civil*, un résumé de cette description.

A Springfield, la station de force motrice contient quatre machines de 1 200 chevaux. Dans cette installation, il y a lieu de remarquer, comme présentant un caractère intéressant et nouveau, un truck de secours pouvant se placer sous les voitures avariées en cours de route, et permettant leur transport facile dans la remise Celle-ci n'a qu'une voie d'entrée, ce qui a permis de n'avoir qu'une ouverture de dimensions restreintes, de telle sorte qu'on peut chauffer la remise pendant l'hiver et procéder à un sérieux nettoyage du matériel.

A Holyoke, les générateurs de vapeur fonctionnent avec un courant d'air forcé, entretenu par des ventilateurs et donnant des résultats très satisfaisants. Le réseau comprend un chemin de fer de montagne à plan incliné, dans lequel deux voitures sont reliées par un câble, chacune d'elles étant pourvue de moteurs, le câble a pour but d'équilibrer le poids mort des véhicules, quand l'un monte et que l'autre descend. On ne fait pas usage de crémaillère, mais un rail de sûreté règne sur toute la longueur de la ligne et peut être saisi par un appareil automatique placé sous la voiture et agissant chaque fois que la vitesse normale est dépassée.

La résistance des bateaux à la traction. — L'application de l'électricité à la traction sur les canaux, qui se développe de jour en jour, donne un intérêt pour les électriciens à la communication sur la résistance des bateaux à la traction que faisait M. F. Chaudy à la dernière séance de la Société des Ingénieurs civils et qui vient d'être publiée dans le Bulletin de cette Société.

La résistance d'un bateau à la traction comprend deux termes principaux dont il est important de bien saisir l'importance relative : 1° le frottement du liquide contre la paroi solide immergée; 2° la diminution de la pression à l'arrière et l'augmentation de la pression à l'avant, par suite de la dénivellation de l'eau. Il y aurait bien à tenir compte de la résistance provenant de l'agitation du liquide due à l'avancement du bateau et au frottement des molécules liquides agitées les unes contre les autres. Mais la valeur de ce troisième terme est très petite par rapport à celles des deux premiers et M. Chaudy la néglige. Il laisse également de côté l'effet que produit l'hélice d'un bateau sur la diminution de pression à l'arrière.

Le calcul du frottement du liquide contre les parois immergées est des plus simples lorsqu'on envisage, comme le fait l'auteur, un bateau d'une forme théorique se rapprochant autant que possible de la forme réelle des chalands : bateau à fond plat, à bords verticaux, à proue et poupe identiques de forme triangulaire. Malgré cette simplicité du calcul nous ne le reproduisons pas et nous nous bornerons à indiquer une de ses conséquences inattendues : c'est que le frottement est d'autant plus élevé que l'angle formé par les bords de la proue ou de la poupe est plus petit, c'est-à-dire que les pointes de proue et de poupe sont plus affinées. Ce résultat étonne au premier abord car on croit généralement que la résistance d'un bateau est d'autant plus faible qu'il a des formes plus fines. Mais il convient de remarquer que la résistance due au frottement du liquide n'est qu'une partie de la résistance totale et que la partie due à la surpression à l'avant et à la dépression à l'arrière peut modifier la conclusion en ce qui concerne la résistance totale.

La résistance due à la surpression et à la dépression, dont l'évaluation est un exercice fort simple d'hydrostatique, est en effet donnée par une expression qui contient un terme renfermant la vitesse au second degré et le sinus du demi-angle des parois de la proue ou de la poupe. Par suite, quand la vitesse devient suffisamment grande, ce terme devient prépondérant et l'augmentation du demi-

angle des parois influe considérablement sur la résistance due aux pressions.

La considération de ces deux parties de la résistance totale montre qu'aux faibles vitesses, comme celles que l'on utilise sur les canaux, c'est la résistance de frottement qui l'emporte et que l'on a alors intérêt, ainsi qu'on le fait d'ailleurs d'après les indications de la pratique, à prendre des bateaux à proue et à poupe très aplaties. Aux vitesses élevées, au contraire, la résistance due aux pressions devient prépondérante et il convient de donner des formes fines à la proue et à la poupe.

Deux exemples numériques donnés par l'auteur font bien ressortir cette différence. Ils s'appliquent à un bateau ayant 1 m de tirant d'eau, 3 m de large 16,12 m de long et dont les parois de la proue et de la poupe font entre elles un angle de 40°. En supposant une vitesse de 2 m par seconde, on trouve 3 156 kgm pour le travail de frottement et 1 100 kgm seulement pour le travail résistant dû aux pressions. Pour une vitesse de 10 m par seconde, le premier travail est de 15780 kgm et le second de 38000 kgm. Le rapport de ces travaux, égal à 3 environ dans le premier cas, est donc tombé à 1/2 dans le dernier.

En terminant, M. Chaudy fait observer que l'idée préconisée par M. Bazin, de faire porter sur des roues ou lentilles creuses plongeant en partie dans l'eau, le bateau lui-même étant entièrement en dehors de celle-ci et les roues animées d'un mouvement de rotation dans le sens de la marche, ne répond que très imparfaitement au but que s'était proposé le promoteur : diminuer la résistance totale au mouvement du bateau. La résistance due au frottement est considérablement diminuée, mais celle qui résulte de la surpression à l'avant et la dépression à l'arrière des roues subsiste presque intégralement; or c'est précisément cette dernière qui est la plus importante dans un navire à grande vitesse. Les bateaux rouleurs, conclut M. Chaudy, ne réalisent pas le problème d'une manière meilleure que les bateaux ordinaires avec proue en pointe et fond relevé à l'avant. Ces bateaux ne peuvent trouver leur application que sur les canaux où la vitesse de marche est faible et où, par conséquent, le frottement est prépondérant.

Préparation au four électrique de carbures doubles de fer et de tungstène, de fer et de chrome, de fer et de molybdène. — Il y a quelques mois, M. P. Williams indiquait le mode de préparation et les propriétés d'un carbure de tungstène Tu C, et signalait la formation simultanée de carbures doubles de fer et de tungstène (*Écl. Élect.*, t. XVI, p. 44); dans deux notes récentes à l'Académie des sciences, il faisait connaître la composition et les propriétés d'un de ces carbures doubles, ainsi que celles de carbures doubles de fer et de chrome, de fer et de molybdène, obtenus par le même procédé.

Pour obtenir les *carbures doubles de fer et de tungstène*, on fait (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 410) un mélange d'acide tungstique pur et calciné, de fer et de coke de pétrole pulvérisé dans les proportions suivantes : acide tungstique, 150 gr; fer, 250 gr; coke de pétrole, 80 gr. Ce mélange est placé dans un creuset de charbon et chauffé au four électrique pendant cinq ou six minutes, avec un courant de 900 ampères sous 45 volts. On obtient ainsi un culot parfaitement fondu que l'on traite par l'acide chlorhydrique concentré à chaud, jusqu'à désagrégation complète. Le résidu est formé de deux carbures doubles de tungstène et de fer, du carbure de tungstène Tu C et de graphite. Au moyen d'un aimant, on enlève les carbures doubles qui sont magnétiques. En les traitant par l'acide chlorhydrique bouillant, l'un des carbures est dissous et celui qui reste correspond à la formule $2 Fe^3 C$, $3 Tu^2 C$. On peut d'ailleurs arriver plus facilement à l'obtention des cristaux de ce carbure, en traitant le culot préparé au four par l'eau régale qui dissout les autres matières. Quant à l'autre carbure double, il n'a pu être isolé.

Un *carbure double de fer et de chrome* s'obtient (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 483) au moyen d'un mélange de sesquioxyde de chrome pur, de fer et de coke de pétrole dans les proportions de : sesquioxyde de chrome, 200 gr; fer, 200 gr; coke de pétrole, 70 gr. On chauffe au four électrique, pendant cinq minutes, avec un courant de 900 ampères sous 45 volts. Le culot obtenu est désagrégé par l'acide nitrique, et les cristaux du carbure double sont séparés du graphite, par différence de densité, au moyen du bromoforme. L'analyse a conduit à la formule $3 Fe^3 C$, $2 Cr^3 C^2$. L'auteur rappelle que deux autres carbures doubles ont été trouvés récemment par MM. A. Carnot et Goutal en faisant réagir l'acide chlorhydrique sur le ferrochrome industriel; ces deux carbures ont pour formules $3 Fe^3 C$, $Cr^3 C^2$ et $Fe^3 C$, $3 Cr^3 C^2$.

Pour préparer le *carbure double de fer et de molyb-*

dène, on fait un mélange de bioxyde de molybdène obtenu par calcination du molybdate d'ammonium au four Perrot, avec un excès de fer et du coke de pétrole dans les proportions suivantes : bioxyde de molybdène, 130 gr ; fer, 300 gr ; coke de pétrole, 50 gr. Le culot obtenu par une chauffe de cinq minutes, par un courant de 900 ampères sous 45 volts, est désagrégé par l'acide chlorhydrique chaud. Le résidu est formé de deux parties, dont l'une, magnétique, est séparée par un aimant. La partie non magnétique, la seule étudiée, est formée d'un carbure double de fer et de molybdène et de graphite ; ce dernier est séparé par le bromoforme ou l'iodure de méthylène. Les cristaux restants ont une composition répondant sensiblement à la formule $Mo^2C\,Fe^3C$.

La soudure de l'aluminium. — Les difficultés que présente la soudure de l'aluminium proviennent : 1° de sa grande conductibilité thermique, cause du refroidissement trop rapide de la soudure ou des parties à réunir ; 2° de l'action électrolytique qui a lieu entre l'aluminium et la soudure et altère celle-ci ; 3° de l'ignorance où l'on se trouve du fondant le mieux approprié.

W. S. Bates a fait à ce sujet une communication à la Société américaine des sciences chimiques de Chicago. D'après lui, la vraie raison de la première difficulté dépendrait du rapport entre le point de fusion de l'aluminium et la température à laquelle il forme des alliages. Les alliages employés sont en général formés de métaux communs plus fusibles, tels que l'étain, le zinc, etc., qui ne se combinent pas avec l'aluminium à basse température, et l'auteur croit que, au voisinage du rouge, la soudure se ferait sans difficulté ; il a d'ailleurs vérifié ses prévisions. Le bismuth semble pouvoir se combiner à l'aluminium à température relativement basse, de même l'étain phosphoreux. Dans ces deux cas, W. Bates a employé, comme fondant, la résine.

A propos de la deuxième difficulté, il convient de remarquer que l'aluminium occupe presque l'extrémité positive de l'échelle électrochimique des métaux, de sorte que, au contact de la plupart des métaux communs, il forme un couple dont il est le métal attaqué. Il faudrait donc employer des métaux ou des alliages très voisins de l'aluminium dans l'échelle électrochimique ; parmi ceux-ci, il faut écarter déjà les métaux alcalino-terreux ; restent alors le chrome, le manganèse et le zinc ; mais les deux premiers ne peuvent être employés, et les résultats obtenus avec le troisième ne sont pas satisfaisants. Il n'y a plus alors à s'adresser qu'à l'aluminium lui-même ou à un de ses alliages formé au moyen d'un métal capable d'abaisser suffisamment le point de fusion. W. Bates a pris un brevet pour un alliage ternaire formé de 70 p. 100 d'aluminium, 20 d'étain et 10 de cuivre ou d'argent. Les soudures obtenues de cette façon ont résisté plusieurs mois, même à l'action de l'eau salée.

Quant aux fondants, tous ne remplissent pas le but visé, le résultat dépend de la composition du fondant et de la nature des métaux à souder. Le chlorure de zinc employé habituellement pour les soudures communes peut servir ici, mais à température plus élevée ; il y a alors décomposition du chlorure, et la portion soudée se recouvre d'une couche d'oxyde de zinc. La résine, qui convient très bien avec le bismuth, ne peut supporter la température nécessaire. Les conditions d'un bon fondant sont donc de se liquéfier à basse température et de résister aux hautes températures. Celui que propose l'auteur est formé de fluorure alcalin (de potassium de préférence), mêlé avec un dissolvant fusible, tel que le chlorure de lithium. Il fond à une température voisine du rouge, est fluide comme l'eau, n'a aucune action sur l'aluminium ni sur la soudure et reste fixe.

W. Bates fait remarquer une quatrième difficulté qui provient de la fragilité des alliages d'aluminium, suivant que l'aluminium ou les autres métaux prédominent. Les alliages intermédiaires éprouvent des modifications moléculaires qui les rendent impropres. En outre, si l'on emploie un alliage contenant une proportion convenable d'aluminium, au point de soudure, il peut absorber une nouvelle quantité de ce métal, ce qui change sa composition et peut le rendre fragile. Avec 95 p. 100 d'étain et 5 d'aluminium, la soudure se désagrège rapidement, ce qui ne se produit pas avec 95 p. 100 d'aluminium et 5 d'étain. Si l'on adopte une soudure contenant beaucoup d'aluminium et satisfaisante, celle-ci en absorbant le métal ne peut perdre de ses qualités.

Il semble, d'après les résultats rapportés ci-dessus, que la soudure de l'aluminium puisse se réaliser comme celle des autres métaux.

G.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 29 Octobre 1898 6e Année. — N° 44.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

APPLICATION DE LA MÉTHODE DES IMAGINAIRES

AU PROBLÈME DE LA CAPACITÉ UNIFORMÉMENT RÉPARTIE

Une des études les plus intéressantes sur les courants alternatifs en même temps qu'une des plus compliquées est celle qui consiste à rechercher le mode de propagation d'un courant électrique dans un circuit possédant de la capacité statique uniformément répartie et de la self-induction, comme c'est par exemple le cas d'un câble téléphonique ou télégraphique, ou dans le domaine de l'industrie électrique celui d'une ligne de transmission.

Cette étude esquissée par Maxwell (1) a été faite maintes fois déjà, d'abord par Lord Kelvin, puis par MM. Mascart et Joubert, par M. Blakesley (2) et divers autres savants. MM. Bedell et Crehore, dans une étude intéressante (3) de cette question, ont donné l'expression de la variation de l'intensité et du potentiel en différents points du conducteur à capacité uniformément répartie et à self-induction considérée.

Dans son traité sur les phénomènes du courant alternatif (1), M. Steinmetz étudie à l'aide des imaginaires le même problème que MM. Bedell et Crehore et grâce à la suppression de la variable temps que permet l'emploi des quantités complexes (2), ramène le problème à une équation différentielle linéaire du second ordre à une seule variable.

C'est cette dernière étude que nous avons l'intention de présenter aujourd'hui en y joignant l'analyse d'un article récent de M. Steinmetz (3) sur la période naturelle des lignes de transmission et la fréquence des décharges atmosphériques qui les atteignent et dont la compréhension exige la connaissance de la solution donnée par M. Steinmetz pour le problème des circuits à capacité distribuée et à self-induction.

(1) Voir *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, par Clerck Maxwell, traduction française de M. Seligmann-Lui, p. 517, vol. I, Gauthiers-Villars et fils, éditeurs.

(2) Voir *Les Courants alternatifs d'Électricité*, par M. Blakesley, traduction française de M. Rechniewski, p. 77, Baudry, éditeur, Paris.

(3) Voir *Lumière Électrique*, t. XLVI, p. 594, 1892, et *Etude analytique et graphique des courants alternatifs*, par MM. Bedell et Crehore, traduction française de M. Berthon, p. 136; G. Carré, éditeur, Paris.

(1) *Alternating Current Phenomena*, p. 150; Johnston et Cie, éditeurs, New-York.

(2) Voir *Lumière Électrique*, notre article sur « la Méthode de M. Steinmetz pour le calcul des courants alternatifs », t. L, p. 451, 1893.

(3) *The Electrical World*, du 27 août 1898, p. 203.

La solution en question est très générale, car elle ne tient pas compte uniquement de l'effet de la résistance, de la self-induction et de la capacité, mais encore des fuites ou décharges silencieuses supposées également distribuées et dépendant en chaque point du potentiel, ainsi que de l'induction mutuelle de la ligne sur des lignes voisines, et enfin de l'influence électrostatique sur les conducteurs voisins du circuit considéré. A ces effets, il faut également joindre ceux de l'hystérésis magnétique et des courants de Foucault si la ligne contient du fer et ceux de l'hystérésis diélectrique des isolants autres que l'air s'il y a lieu.

Analysons l'effet de ces différents éléments, pour reconnaître de quelle façon leur influence peut être introduite dans le calcul.

Laissons de côté la résistance ohmique, la self-induction et la capacité qui, comme on le sait produisent des chutes de potentiel, la première en coïncidence de phase avec le courant et les deux autres en quadrature avec ce courant, et arrivons de suite à l'effet des décharges silencieuses, non sans avoir rappelé que l'effet de la capacité distribuée est de changer l'intensité du courant, à un instant donné, aux divers points de la ligne, par suite de la présence du courant de charge de chaque condensateur élémentaire et par suite de modifier la phase des tensions perdues dans la résistance et la self-induction en chaque point du conducteur.

L'effet des décharges silencieuses est évidemment dû à ce que la résistance des isolants n'est pas infiniment grande, il correspond donc à la production d'un courant approximativement proportionnel et en coïncidence de phase avec le potentiel au point considéré de la ligne.

C'est donc en somme une résistance établie entre deux points de la ligne ou entre chaque point de cette ligne et la terre et donnant lieu à une composante symphasique ou énergétique du courant.

L'induction mutuelle produit, comme on le sait, une augmentation de résistance du circuit et une diminution de la self-induction, et par suite augmente la composante énergétique du courant, et diminue la composante déwattée.

L'influence électrostatique a pour effet de charger statiquement les conducteurs voisins du circuit, lesquels retiennent sur les conducteurs de la ligne une charge égale et contraire. L'influence électrostatique nécessite donc la dépense d'un courant proportionnel à la tension, c'est-à-dire d'une composante en phase avec cette tension et d'une composante quadratique décalée d'un quart d'onde par rapport à elle.

L'effet du champ magnétique produit par le courant dans les conducteurs sur les masses métalliques environnantes, qu'il s'agisse d'hystérésis magnétique ou de courants de Foucault, correspond à une composante énergétique c'est-à-dire à un accroissement de résistance.

Le champ de force électrostatique donne lieu comme le précédent à une dépense d'énergie dans le diélectrique laquelle correspond à une composante symphasique de la tension et peut être regardée comme la composante énergétique du courant dans le condensateur élémentaire.

Ceci posé, si nous désignons par r la résistance *équivalente* [1] ou *effective* par unité de longueur, c'est-à-dire la résistance ohmique augmentée de la résistance introduite par l'induction mutuelle, par les courants de Foucault et par l'hystérésis électromagnétique, si la ligne contient du fer, le tout par unité de longueur ;

s, la réactance *équivalente* ou *effective*, c'est-à-dire due à la self-induction et diminuée de l'effet introduit par l'induction mutuelle, par unité de longueur ;

ρ, la *conductance équivalente* ou *effective* par unité de longueur, c'est-à-dire due aux décharges silencieuses, à la composante éner-

[1] Voir pour la définition des quantités équivalentes, notre article sur les « Courants alternatifs et quantités complexes », *Éclairage Électrique*, t. VI, p. 216, 1896.

gétique de l'influence électrostatique, à celle de la capacité, c'est-à-dire à l'hystérésis diélectrique ;

— σ, la susceptance effective par unité de longueur et due à la composante déwattée de l'influence électrostatique et à la capacité; la quantité σ est toujours positive.

Les deux premières quantités se rapportent en somme aux éléments en *série* sur la ligne, et les deux dernières à ceux en *quantité*.

Si le courant et le potentiel en un point sont I et U, on voit que : la différence de potentiel en phase avec le courant, perdue dans la ligne, est par unité de longueur égale à rI ;

La tension, en quadrature avec le courant et perdue dans la ligne est par unité de longueur égale à sI ;

Le courant en phase avec la différence de potentiel, perdu par dérivations réelles ou apparentes, est par unité de longueur égal à ρU ;

Le courant en quadrature avec la tension, et dérivé dans la capacité et par influence électrostatique, est, par unité de longueur, égal à $-\sigma$U.

Supposons qu'il s'agisse d'alimenter à l'extrémité d'une ligne un appareil récepteur d'un type quelconque et dont le décalage est connu ; on se donne la tension et le courant à l'extrémité de la ligne et on se propose de déterminer le potentiel ou la différence de potentiel, et le courant en un point quelconque de la ligne et en particulier la différence de potentiel aux bornes de la génératrice ainsi que le courant qui traverse cette dernière. On pourrait aussi se donner la résistance apparente ou l'*admittance*, de l'appareil récepteur et la tension E_0 aux bornes de la génératrice, et calculer de même le potentiel et le courant en chaque point ; les deux problèmes sont évidemment les mêmes.

Nous compterons la distance x d'un point de la ligne, à partir d'un point O où le potentiel et le courant sont U_1 et I_1, ou en les écrivant sous forme de quantités complexes :

$$U_1 = u_1 + u'_1\sqrt{-1},$$
$$I = i_1 + i'_1\sqrt{-1},$$

et nous regarderons x comme positif dans le sens de l'énergie croissante et comme négatif dans le sens contraire.

En une portion infiniment petite quelconque dx de la ligne, le courant perdu par les fuites dans les isolants est :

$$\rho U\,dx,$$

et le courant de charge du condensateur en quadrature avec le premier :

$$-\sigma U\,dx,$$

Si l'on remarque que ce dernier est décalé [1] en avant du premier d'un quart d'onde, le courant élémentaire mis sous sa forme complexe sera :

$$dI = \rho U\,dx - (-\sigma U)\sqrt{-1}\,dx = U(\rho + \sigma\sqrt{-1}),$$

d'où :

$$\frac{dI}{dx} = U(\rho + \sigma\sqrt{-1}) = EP,$$

en posant pour simplifier :

$$P = \rho + \sigma\sqrt{-1}.$$

Dans le même élément dx la chute de tension infiniment petite due à la résistance effective est :

$$rI\,dx,$$

et celle qui fait équilibre à la force contre-électromotrice de self-induction .

$$sI\,dx$$

La tension élémentaire résultante est donc :

$$dU = rI\,dx + sI\,dx\sqrt{-1} = I(r + s\sqrt{-1}),$$

d'où

$$\frac{dU}{dx} = I(r + s\sqrt{-1}) = IR,$$

en posant :

$$R = r + s\sqrt{-1}.$$

---

[1] Nous comptons comme nous l'avons toujours fait les angles de décalage comme positifs dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, c'est-à-dire en sens inverse du sens positif adopté par M. Steinmetz.

**

Les deux équations différentielles :

$$\frac{dI}{dx} = UP, \qquad (1)$$

$$\frac{dU}{dx} = IR, \qquad (2)$$

sont symétriques par rapport à I et E.

Si l'on différentie ces deux équations, on obtient :

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2I}{dx^2} &= \frac{dU}{dx}P, \\ \frac{d^2U}{dx^2} &= \frac{dI}{dx}R, \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

En portant les valeurs de $\frac{dI}{dx}$ et $\frac{dU}{dx}$ dans les équations (3) on obtient les équations différentielles linéaires du second ordre à une seule variable :

$$\frac{d^2U}{dx^2} = UPR, \qquad (4)$$

$$\frac{d^2I}{dx^2} = IPR. \qquad (5)$$

Elles sont identiques et montrent par suite, comme on le savait déjà, que le potentiel et le courant en un point ne diffèrent que par une constante dépendant des conditions aux limites.

L'intégrale générale d'une équation de la forme :

$$\frac{d^2X}{dx^2} = XPR, \qquad (6)$$

est :

$$X = ae^{+\nu x} + be^{-\nu x}.$$

où a et b sont les constantes et ν une quantité imaginaire facile à déterminer.

On a, en effet, en formant la quantité $\frac{d^2X}{dx^2}$ et en substituant sa valeur et celle de X dans (6) :

$$\nu^2 = PR,$$

d'où

$$\nu = \sqrt{PR}, \qquad (7)$$

Posons :

$$\nu = \alpha + \beta\sqrt{-1},$$

et substituons dans l'équation (7), on a :

$$(\alpha + \beta\sqrt{-1})^2 = (\rho + \sigma\sqrt{-1})(r + s\sqrt{-1})$$

d'où l'on tire, en égalant les parties réelles et les coefficients des imaginaires :

$$\alpha^2 - \beta^2 = \rho r - \sigma s, \qquad (8)$$

$$2\alpha\beta = \rho s + \sigma r, \qquad (9)$$

On a donc en ajoutant ces deux équations après en avoir élevé les deux membres au carré :

$$\begin{aligned} (\alpha^2 + \beta^2)^2 &= (\rho r - \sigma s)^2 + (\rho s + \sigma r)^2 \\ &= (\rho^2 + \sigma^2)(r^2 + s^2). \end{aligned}$$

On en déduit :

$$\alpha^2 + \beta^2 = \sqrt{(\rho^2 + \sigma^2)(r^2 + s^2)},$$

et par suite, par addition et soustraction avec l'équation (8) et extraction de la racine carrée des valeurs obtenues :

$$\begin{aligned} \alpha &= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{(\rho^2 + \sigma^2)(r^2 + s^2)} + (\rho r - \sigma s)\right\}} \\ \beta &= \sqrt{\frac{1}{2}\left\{\sqrt{(\rho^2 + \sigma^2)(r^2 + s^2)} - (\rho r - \sigma s)\right\}} \end{aligned} \qquad (10)$$

La solution générale peut se mettre facilement sous forme de fonction trigonométrique; on a en effet, en remplaçant dans l'intégrale générale ν par $\alpha + \beta\sqrt{-1}$:

$$X = ae^{(\alpha + \beta\sqrt{-1})x} + be^{-(\alpha + \beta\sqrt{-1})x},$$

et en remarquant que :

$$e^{\beta x\sqrt{-1}} = \cos \beta x + \sqrt{-1} \sin \beta x,$$

et

$$e^{-\beta x\sqrt{-1}} = \cos \beta x - \sqrt{-1} \sin \beta x,$$

$$\begin{aligned} X &= ae^{\alpha x}(\cos \beta x + \sqrt{-1} \sin \beta x) \\ &+ be^{-\alpha x}(\cos \beta x - \sqrt{-1} \sin \beta x). \end{aligned}$$

ou :

$$\begin{aligned} X &= (ae^{\alpha x} + be^{-\alpha x}) \cos \beta x \\ &+ \sqrt{-1}\,(ae^{\alpha x} - be^{-\alpha x}) \sin \beta x. \end{aligned} \qquad (11)$$

Sous cette forme, si nous substituons I à X, puis si nous formons la quantité $\frac{dI}{dx}$, et enfin si nous portons cette valeur de $\frac{dI}{dx}$ dans

l'équation (1) pour avoir l'expression de U, nous obtenons en posant :

$$(\alpha + \beta\sqrt{-1})\, a = A$$
$$(\alpha + \beta\sqrt{-1})\, b = B,$$

pour I ;

$$I = \frac{1}{\alpha + \beta\sqrt{-1}} \left\{ (Ae^{\alpha x} + Be^{-\alpha x}) \cos \beta x + \sqrt{-1}\,(Ae^{\alpha x} - Be^{-\alpha x}) \sin \beta x \right\}, \quad (12)$$

et pour l'expression de la différence de potentiel en un point quelconque de la ligne :

$$U = \frac{1}{\rho + \sigma\sqrt{-1}} \left\{ (Ae^{\alpha x} - Be^{\alpha x}) \cos \beta x + \sqrt{-1}\,(Ae^{\alpha x} + Be^{\alpha x}) \sin \beta x \right\}. \quad (13)$$

Telles sont les expressions générales de la différence de potentiel et du courant en un point quelconque de la ligne.

La détermination des constantes A et B se fera en écrivant que pour $x = 0$ le potentiel et le courant ont les valeurs admises U_1 et I_1, en substituant les valeurs $u_1 + u_1'\sqrt{-1}$ et $i_1 + i_1'\sqrt{-1}$ et faisant $x = 0$ on obtient pour A et B les valeurs :

$$\begin{aligned} 2A &= (\alpha i_1 - \beta i'_1) + (\rho u_1 - \sigma u'_1) + [(\alpha i'_1 + \beta i_1) + (\rho u'_1 + \sigma u_1)]\sqrt{-1}, \\ 2B &= (\alpha i_1 - \beta i'_1) - (\rho u_1 - \sigma u'_1) + [(\alpha i'_1 + \beta i_1) - (\rho u'_1 + \sigma u_1)]\sqrt{-1}. \end{aligned} \quad (14)$$

On déterminerait aussi facilement les constantes en se donnant l'impédance du circuit récepteur et la tension U_0 aux bornes de la génératrice.

Les équations montrent bien que le courant n'est plus le même au même instant en tout point de la ligne et que le potentiel ne décroît pas d'une façon continue, tous deux se propagent par ondes dont la longueur x_0 est évidemment donnée par :

$$\beta x_0 = 2\pi,$$

ou :

$$x_0 = \frac{2\pi}{\beta}. \quad (15)$$

La vitesse de propagation de ces ondes est :

$$x_0 n = \frac{2\pi n}{\beta}. \quad (16)$$

Un point également intéressant à étudier est celui de la différence de phase entre le potentiel et le courant en chaque point, cette différence de phase ω est déterminée par :

$$\frac{U}{I} = D\,(\cos w + \sqrt{-1} \sin \omega), \quad (17)$$

où D est une quantité constante, égale au rapport des modules ou valeurs maxima de U et de I.

Nous appliquerons ces formules à quelqu'un des cas particuliers considérés par M. Steinmetz. Soit d'abord celui d'une ligne à circuit ouvert. On prendra évidemment l'extrémité ouverte de la ligne comme origine; on a alors pour $x = 0$, $I_1 = 0$, et par suite :

$$2A = \rho u_1 - \sigma u'_1 + (\rho u'_1 + \sigma u_1)\sqrt{-1} = -2B$$

Les valeurs du potentiel et du courant sont alors :

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{\rho + \sigma\sqrt{-1}} A\,[(e^{\alpha x} + e^{-\alpha x}) \cos \beta x + \sqrt{-1}\,(e^{\alpha x} - e^{-\alpha x}) \sin \beta x], \\ I &= \frac{1}{\alpha + \beta\sqrt{-1}} A\,[(e^{\alpha x} - e^{-\alpha x}) \cos \beta x + \sqrt{-1}\,(e^{\alpha x} + e^{-\alpha x}) \sin \beta x]. \end{aligned} \quad (18)$$

Si les décharges silencieuses sont négligeables, ainsi que la résistance de la ligne, on a simplement, en faisant $\rho = r = 0$ dans les expressions (10) de α et de β :

$$\alpha = 0 \qquad \beta = \sqrt{\sigma s},$$

et par suite :

$$\begin{aligned} U &= -\frac{2A\sqrt{-1}}{\sigma} \cos \beta x, \\ I &= +\frac{2A}{\sqrt{\sigma s}} \sin \beta x, \end{aligned} \quad (19)$$

dont les expressions en fonction du temps sont :

$$\begin{aligned} U &= \frac{2A}{\sigma} \cos \beta x . \sin 2\pi n t, \\ I &= \frac{2A}{\sqrt{\sigma s}} \sin \beta x . \cos 2\pi n t. \end{aligned} \quad (20)$$

La constante A peut s'obtenir aussi en écrivant que la tension a une valeur maxima connue aux bornes de la génératrice, c'est-à-dire pour $x=l$.

Prenons encore le cas d'une ligne fermée à son extrémité, par exemple en mettant cette extrémité à la terre.

En prenant cette extrémité pour origine pour $x=0$, on doit avoir $U_1=0$ et par suite :

$$2A = 2B = \alpha i_1 - \beta i'_1 + (\alpha i'_1 + \beta i_1)\sqrt{-1}$$

Les expressions de la différence de potentiel et du courant sont alors :

$$U = \frac{1}{\rho + \sigma\sqrt{-1}} A\left[(e^{\alpha x} - e^{-\alpha x}) \cos \beta x + \sqrt{-1}\,(e^{\alpha x} + e^{-\alpha x}) \sin \beta x\right], \qquad (21)$$

$$I = \frac{1}{\alpha + \beta\sqrt{-1}} A\left[(e^{\alpha x} + e^{-\alpha x}) \cos \beta x + \sqrt{-1}\,(e^{\alpha x} - e^{-\alpha x}) \sin \beta x\right].$$

Si la ligne fermée à son extrémité est infiniment longue, l'origine étant prise aux bornes de la génératrice, on doit pour $x=\infty$, après change- ment de x en $-x$, avoir :

$$I = 0 \text{ et } U = 0.$$

Les équations générales (12) et (13) se réduisent alors à :

$$U = \frac{1}{\rho + \sigma\sqrt{-1}} A e^{-\alpha x} (\cos \beta x - \sqrt{-1} \sin \beta x), \qquad (22)$$

$$I = \frac{1}{\alpha + \beta\sqrt{-1}} A e^{-\alpha x} (\cos \beta x - \sqrt{-1} \sin \beta x)$$

Si l'on suppose que la ligne n'a pas de fuites ni de réactance ($\rho = s = 0$), on a alors :

$$\alpha = \beta = \sqrt{\frac{r\sigma}{2}},$$

et l'impédance $\frac{U}{I}$ du circuit se réduit à :

$$\frac{U}{I} = \frac{\alpha(1+\sqrt{-1})}{\sigma\sqrt{-1}} = -\sqrt{\frac{r}{\sigma}}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{-1}\right)$$

On voit donc que le courant en tout point de la ligne est en avance d'un huitième de période sur le potentiel, propriété déjà signalée par M. Blakesley et par MM. Bedell et Crehore.

Proposons-nous maintenant, comme nouvelle application, de rechercher la période naturelle des oscillations de la décharge d'une ligne de transmission quelconque. cette décharge peut provenir, soit de ce que la ligne a été chargée par influence à un certain potentiel par l'électricité atmosphérique, c'est-à-dire par le passage d'un nuage orageux au-dessus ou dans le voisinage de la ligne, soit d'un changement brusque dans les conditions du circuit, comme par exemple son ouverture. C'est ce dernier cas que nous considérerons dans ce qui va suivre.

Pour les fréquences généralement assez élevées des décharges oscillantes, on peut, sans inconvénient, négliger la résistance de la ligne, qui est toujours petite par rapport à la réactance. Ceci revient en somme à supposer que l'amortissement des ondes par la résistance est négligeable, et que, par suite, le courant pendant la décharge est en chaque point un courant alternatif sinusoïdal ayant approximativement la même fréquence et la même intensité efficace que celles de l'onde initiale au moment de la décharge.

Dans ces conditions, le problème est assez simple. Nous supposerons de plus qu'il n'y a pas d'induction mutuelle ni d'hystérésis diélectrique, ni de pertes à la terre ou entre les conducteurs. On a alors :

$$s = 2\pi n L,$$

L étant le coefficient de self-induction par unité de longueur, et :

$$-\sigma = -2\pi n C,$$

C étant la capacité par unité de longueur.

Si nous faisons $r=0$, $\rho=0$ dans les équations (12) et (13), nous obtenons :

$$\alpha = 0,$$

$$\beta = \sqrt{s\sigma}.$$

Les expressions du courant et de la ten-

sion en un point quelconque de la ligne sont donc :

$$I = -\frac{\sqrt{-1}}{\sqrt{s\sigma}} \left[(A+B)\cos\sqrt{s\sigma}\, l \right.$$
$$\left. + \sqrt{-1}\,(A-B)\cos\sqrt{\sigma s}\, l\right], \qquad (23)$$
$$U = \frac{1}{\sigma\sqrt{-1}} \left[(A-B)\cos\sqrt{s\sigma}\, l \right.$$
$$\left. + \sqrt{-1}\,(A+B)\sin\sqrt{\sigma s}\, l\right],$$

Pour déterminer les constantes, prenons comme origine le point où la décharge se produit; on a alors en ce point :

$$x = 0 \qquad U = 0.$$

A l'extrémité de la ligne de longueur l, on a par hypothèse :

$$x = l \qquad I = 0.$$

En substituant ces valeurs dans le système d'équations (23) on a, pour $x=0$:

$$A - B = 0 \quad \text{ou} \quad A = B.$$

L'expression de la tension est donc :

$$U = \frac{2A}{\sigma} \sin\sqrt{\sigma s}\, l,$$

et celle du courant : (24)

$$I = -\frac{2A\sqrt{-1}}{\sqrt{s\sigma}} \cos\sqrt{s\sigma}\, l,$$

dont la valeur I_0 au point considéré est ($x=0$) :

$$I_0 = -\frac{2A\sqrt{-1}}{\sqrt{s\sigma}},$$

A l'extrémité de la ligne, c'est-à-dire pour $x=l$, le courant étant nul, on a :

$$\cos\sqrt{s\sigma}\, l = 0$$

et par suite :

$$\sqrt{s\sigma}\, l = \frac{(2k+1)\pi}{2} \qquad (25)$$

où k est un nombre entier.

Quant à la différence de potentiel, elle est à l'extrémité de la ligne :

$$U_l = \pm\frac{2A}{\sigma}.$$

Substituons les valeurs de s et σ dans (25), nous obtenons :

$$2\pi n\sqrt{CL}\,.\; l = \frac{(2k+1)\pi}{2},$$

ce qui donne pour la fréquence des oscillations de la décharge la valeur :

$$n = \frac{2k+1}{4l\sqrt{CL}}.$$

On voit que tandis que dans la décharge oscillante d'un condensateur ordinaire à travers une self-induction sans résistance les oscillations ont une fréquence bien définie :

$$n = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}},$$

dans la décharge d'une ligne ayant de la capacité uniformément répartie, il y a une infinité de fréquences pour les oscillations de la décharge, lesquelles sont des multiples impairs de la fréquence de la décharge oscillante *fondamentale :*

$$n_1 = \frac{1}{4l\sqrt{CL}} = \frac{1}{4\sqrt{C_0L_0}}$$

C_0 étant la capacité totale de la ligne et L_0 son coefficient de self-induction.

Substituons la valeur de $\sqrt{s\sigma}$ et celle de :

$$\sigma = \frac{(2k+1)\pi}{2l}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}},$$

dans les expressions (24), de U et de I nous aurons :

$$U = \frac{4l}{(2k+1)\pi}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}\, A \sin\frac{(2k+1)\pi}{2}\frac{x}{l},$$
$$I = -\frac{4l\sqrt{-1}}{(2k+1)\pi}\, A \cos\frac{(2k+1)\pi}{2}\frac{x}{l}.$$

Pour exprimer les valeurs de la différence de potentiel et du courant en un point quelconque de la ligne en fonction du temps, il suffira de remarquer que d'après les expressions imaginaires, la tension et le courant sont décalés d'un quart d'onde. On n'aura alors qu'à multiplier l'expression de U par $\cos 2\pi nt$, et celle de I par $\sin 2\pi nt$ et de supprimer $\sqrt{-1}$.

On obtient ainsi :

$$U = \frac{4l}{(2k+1)\pi}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}\, A \sin\frac{(2k+1)\pi}{2}\,\frac{x}{l}\\ \cos\frac{(2k+1)\pi}{2}\,\frac{t}{\sqrt{C_0 L_0}},$$

et :

$$I = \frac{4l}{(2k+1)\pi}\, A \cos\frac{(2k+1)\pi}{2}\,\frac{x}{l}\\ \sin\frac{(2k+1)\pi}{2}\,\frac{t}{\sqrt{C_0 L_0}},$$

Ou A est une constante d'intégration qui dépend de la distribution du potentiel au début de la décharge, et t le temps compté à partir de ce début.

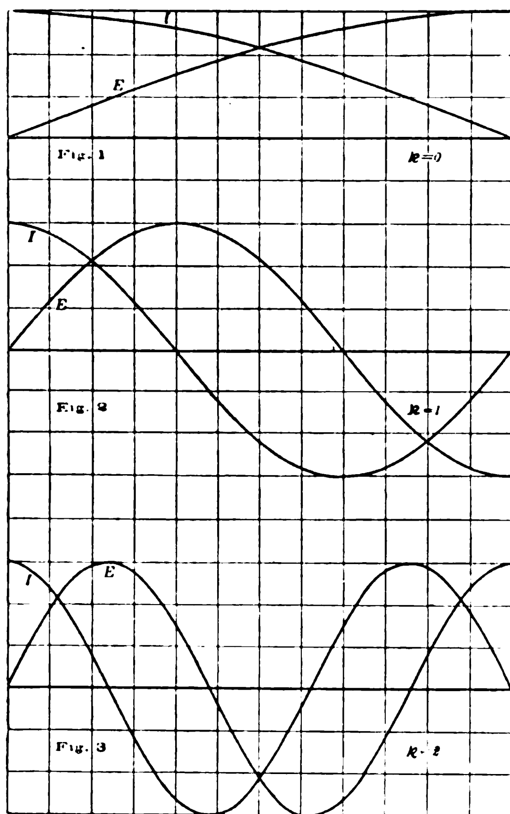


Fig. 1, 2 et 3.

Cherchons quelle est la répartition du potentiel le long de la ligne à un instant quelconque, par exemple au temps $t = t_0$.

La décharge fondamentale pour laquelle les expressions de la différence de potentiel et du courant se réduisent à :

$$U_1 = \frac{4l}{\pi}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}\, A \sin\frac{\pi x}{2l}\cos\frac{\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}},$$

$$I_1 = \frac{4l}{\pi}\, A \cos\frac{\pi x}{2l}\sin\frac{\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}}.$$

donne alors les courbes de distribution représentées sur la figure 1 où la tension et le courant sont portés en ordonnées et la distance x en abscisses.

La différence de potentiel croît graduellement de zéro à la valeur :

$$U_1 = \frac{4l}{\pi}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}\, A \cos\frac{\pi t_0}{2\sqrt{C_0 L_0}},$$

et le courant décroît de la valeur :

$$I_1 = \frac{4l}{\pi}\sin\frac{\pi t_0}{2\sqrt{C_0 L_0}},$$

à zéro, lorsqu'on va du commencement de la ligne, où se produit la décharge, à l'autre extrémité.

Pour la décharge de fréquence immédiatement supérieure à la fréquence fondamentale, on a :

$$U_3 = \frac{4l}{3\pi}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}\, A \sin\frac{3\pi x}{2l}\cos\frac{\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}},$$

$$I_3 = \frac{4l}{3\pi}\, A \cos\frac{3\pi x}{2l}\sin\frac{\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}}.$$

La répartition du potentiel à un instant donné $t = t_0$ est différente (fig. 2); celui-ci part de zéro, passe par un maximum pour $x = \frac{l}{3}$, redevient nul pour $x = \frac{2l}{3}$ et prend une valeur négative égale en valeur absolue à sa valeur maxima pour $x = l$.

Le courant suit des variations analogues et s'annule aussi une fois, au point $x = \frac{l}{3}$.

La tension et le courant présentent donc chacun un point nodal, c'est-à-dire un point où ces quantités sont toujours nulles.

Le nombre de points nodaux est évidemment égal à k; ces points sont au nombre de deux, pour chacune des quantités, tension et courant, sur la figure 3 qui se rapporte à la décharge de fréquence correspond à $k = 2$.

Nous avons supposé jusqu'ici que la décharge se produisait entre les deux conducteurs de la ligne en un point donné; s'il s'agit d'une décharge entre un conducteur et la terre, la capacité C_0 à introduire dans le calcul est celle du conducteur par rapport à la terre et n'a par suite aucune relation avec la capacité par rapport à l'autre conducteur. Il en est de même de la self-induction L_0 qui doit être celle d'un conducteur avec retour par la terre.

Dans ces conditions, si l'on désigne par :
d le diamètre du fil,
D la distance de l'axe du conducteur à la terre,
on a, comme on le sait, pour la capacité et la self-induction d'un conducteur de longueur *l* :

$$C_0 = \frac{1{,}11 \times 10^{-6}\, l}{2 \log_n \frac{4D}{d}} \text{ microfarads,}$$

et :

$$L_0 = 2 \times 10^{-6}\, l \ \text{Log}_n \frac{4D}{d} \text{ microhenrys}$$

Si nous portons ces valeurs dans l'expression de la fréquence fondamentale, nous obtenons :

$$n_1 = \frac{1}{4\sqrt{L_0 C_0}} = \frac{7{,}5\ 10^9}{l}.$$

On voit donc que dans le cas d'une décharge à la terre, les fréquences des diverses oscillations sont indépendantes du poids de la ligne et de sa distance à la terre; elles dépendent simplement de la longueur et lui sont inversement proportionnelles.

En particulier, pour des lignes de :

1	5	10	20	50	100 kilomètres,

les fréquences fondamentales en périodes par seconde des décharges à la terre sont :

75000	15000	7500	3750	1500	750.

Ces fréquences pour les lignes assez longues sont donc assez faibles et approchent des fréquences des alternateurs employés actuellement.

Les harmoniques de ces décharges périodiques sont les multiples impairs des chiffres précédents.

Nous avons séparé les oscillations des fréquences différentes de la décharge, mais, en réalité, ces oscillations de fréquences multiples se produisent simultanément. Les expressions complètes de la différence de potentiel et du courant en un point quelconque de la ligne sont donc, en fin de compte, des séries de Fourrier, dont les différents termes s'obtiennent en remplaçant successivement *k* par les valeurs 0, 1, 2, 3...

En posant pour simplifier :

$$a_k = \frac{A_k}{2k+1},$$

on obtient finalement pour la différence de potentiel et le courant en un point quelconque les expressions :

$$U = \frac{4l}{\pi}\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}\left[a_1 \sin\frac{\pi x}{2l}\cos\frac{\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}} + a_3 \sin\frac{3\pi x}{2l}\cos\frac{3\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}} + \ldots\ldots\right],$$

$$I = \frac{4l}{\pi}\left[a_1 \cos\frac{\pi x}{2l}\sin\frac{\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}} + a_3 \cos\frac{3\pi x}{2l}\sin\frac{3\pi t}{2\sqrt{C_0 L_0}} + \ldots\ldots\right].$$

où a_1, a_3, a_5.... sont des constantes dépendant de la distribution initiale du potentiel le long de la ligne au moment de la décharge.

Comme exemple d'application des formules précédentes, M. Steinmetz donne les valeurs de la différence de potentiel et du courant, dans le cas idéal où la ligne serait, au moment où la décharge se produit, chargée sur toute sa longueur au même potentiel *u*; la décharge ayant lieu au point $x = 0$. Ceci revient à supposer la ligne assez courte par rapport à la longueur d'onde des oscillations fondamentales.

On peut se contenter de calculer les harmoniques jusqu'à celle du 11e ordre, on a ainsi six inconnues a_1, a_3, a_5, a_7, a_9, a_{11}, qu'on déterminera à l'aide de six équations obtenues en écrivant que le potentiel au

temps $t = 0$ est égal à u aux six points de la ligne définis par :

$$x = \frac{l}{6}, \frac{2l}{6}, \quad \cdots\cdots, \quad \frac{6l}{6}.$$

On obtient ainsi, tous calculs faits :

$$U = u\,[1{,}26 \sin \omega \cos 2\pi n_1 t + 0{,}4 \sin 3\omega \cos 3(2\pi n_1 t) + 0{,}22, \sin 5\omega \cos 5(2\pi_1 n t) + 0{,}12 \sin 7\omega \cos 7(2\pi n_1 t) + 0{,}7 \sin 9\omega \cos 9(2\pi n_1 t) + 0{,}02 \sin 11\omega \cos 11(2\pi n_1 t)],$$

$$I = u\sqrt{\frac{C_0}{L_0}}\,[1{,}26 \cos \omega \sin 2\pi n_1 t + 0{,}4 \cos 3\omega \sin 3(2\pi n_1 t) + 0{,}22 \cos 5\omega \sin 5(2\pi n_1 t) + 0{,}12 \cos 7\omega \sin 7(2\pi n_1 t) + 0{,}7 \cos 9\omega \sin 9(2\pi n_1 t) + 0{,}02 \cos 11\omega \sin 11(2\pi n_1 t)],$$

en posant :

$$\omega = \frac{\pi x}{2l}.$$

Pour une ligne de 40 kilomètres ($l = 4 \times 10^6$ cm) faite avec des conducteurs d'un centimètre de diamètre et à une distance de la terre de 550 cm et pour un potentiel de 25000 volts au moment où l'étincelle éclate, on a :

$$u\sqrt{\frac{C_0}{L_0}} = 48{,}9$$

et l'on peut obtenir facilement les expressions définitives de U et de I.

M. Steinmetz fait remarquer que pour que la tension et le courant, pendant la décharge, soient des fonctions sinusoïdales du temps et de la distance, il faudrait que la distribution du potentiel le long de la ligne au moment de la décharge soit elle-même sinusoïdale. Comme cette répartition n'est probablement pas réalisée, par suite de l'amortissement des ondes par la résistance de la ligne, il est à peu près certain que les décharges des lignes de transmissions ou les oscillations produites par les changements brusques des conditions du circuit, sont des ondes périodiques complexes formées de plusieurs harmoniques dont les grandeurs relatives dépendent de la charge initiale et de sa distribution, c'est-à-dire, dans le cas particulier des coups de foudre, du champ de force électrostatique de l'atmosphère.

L'emploi des imaginaires apporte donc une très notable simplification dans le traitement du problème de la capacité uniformément répartie. Il permet en outre d'aborder une série de problèmes, qui ne sont que des cas très particuliers il est vrai, mais qui, même dans les conditions simples où l'on se place, seraient très difficiles, sinon impossibles, à traiter par les méthodes ordinaires.

C.-F. GUILBERT.

ÉTUDE DES MOTEURS A CHAMPS TOURNANTS (1)

VI. — THÉORIE GRAPHIQUE ÉLÉMENTAIRE DES MOTEURS ASYNCHRONES A CHAMPS TOURNANTS ALIMENTÉS PAR DES COURANTS POLYPHASÉS, DANS LAQUELLE ON NE TIENT PAS COMPTE DES DISPERSIONS MAGNÉTIQUES ET DES PERTES PAR COURANTS DE FOUCAULT ET PAR HYSTÉRÉSIS.

Pour aller du simple au composé, en nous appuyant sur les notions connues de la théorie graphique des courants alternatifs, nous supposerons d'abord négligeables les dispersions magnétiques et les pertes par courants de Foucault et par hystérésis. Nous admettrons aussi que les fonctions périodiques à considérer sont sinusoïdales et que les circuits magnétiques du moteur sont symétriques et constants.

De plus, pour rendre encore l'exposé plus simple, nous commencerons par donner la théorie du *moteur bipolaire*, dont l'inducteur

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 10 septembre et du 15 octobre, t. XVI, p. 437, et t. XVII, p. 89.

et l'induit sont constitués par des cadres ou bobines dont les plans sont diamétraux. Si les enroulements sont exécutés en anneau, on peut toujours supposer que deux groupes opposés de spires constituent une bobine ou un cadre diamétral.

A) Moteurs bipolaires

Description. — L'inducteur est fixe et constitué par m_1 bobines ou cadres (voir schéma de la figure 1) décalés géométriquement d'angles successifs $\frac{2\pi}{m_1}$ et parcourus par des courants sinusoïdaux décalés dans le temps d'angles $\frac{2\pi}{m_1}$ et donnant un champ magnétique résultant — dans un circuit magnétique symétrique — égal à

$$H_1 = \frac{m_1}{2} H_1$$

si H_1 est le champ alternatif maximum que produirait l'un des courants, la perméabilité étant normale. La vitesse angulaire du champ tournant est

$$\omega_1 = 2 \frac{\pi}{T_1}$$

et il fait $\frac{1}{T_1}$ tours par minute.

L'induit est mobile et disposé à l'intérieur de l'inducteur. Il est constitué par un cylindre en fer feuilleté enroulé de m_2 cadres décalés géométriquement de $\frac{2\pi}{m_2}$. Ces cadres sont indépendants ou reliés en quantité. Supposons-les indépendants.

Fonctionnement général (fig. 22 et 23). — Les cadres inducteurs déterminent le champ tournant $\mathcal{H}_1$ qui, *si l'induit était fixe*, produirait simultanément à travers chacun des cadres induits un flux variant sinusoïdalement par tour d'un maximum positif à zéro, de zéro à un minimum négatif, d'un maximum négatif à zéro et de zéro à un maximum positif. Mais les cadres de l'induit, tendant à embrasser un flux maximum, suivent le mouvement du flux inducteur et entraînent l'armature. S'il n'y avait aucune perte de puissance dans celle-ci, aucun frottement mécanique et aucun travail utile produit, la vitesse de l'induit serait égale à celle ω_1 du champ $\mathcal{H}_1$. Dans ces conditions, le flux traversant les cadres de l'induit serait *invariable*, il n'y aurait pas de force électromotrice, pas de courants induits et partant pas de couple et pas de puissance dépensée.

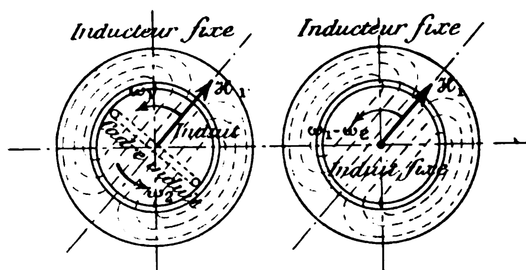


Fig. 22 et 23. — Schéma d'un moteur bipolaire. Vitesses relatives du flux tournant.

En réalité, l'induit n'atteint pas la vitesse du champ inducteur, parce qu'il y a une puissance passive dépensée en effet Joule, hystérésis, courants de Foucault et frottement mécanique, même à vide. Il possède une vitesse $\omega_2 < \omega_1$. Il est ainsi balayé par le champ $\mathcal{H}_1$ à une vitesse relative $\omega_1 - \omega_2$ ou ω_r, le flux *varie sinusoïdalement* dans les cadres à la vitesse ω^r, de période $\frac{2\pi}{r\omega}$, et il s'y développe des forces électromotrices et des courants de cette période qui donnent naissance au couple d'entraînement. Les courants devant être d'autant plus grands que les couples sont plus élevés, la véritable vitesse $\omega_1 - \omega_2 = \omega_r$, qui est le *retard de l'induit* sur le champ inducteur ou encore le *glissement de l'induit*, augmente avec ce couple. La figure 22 donne le schéma du moteur et indique les vitesses.

Communiquons à l'induit et au champ inducteur tournant $\mathcal{H}_1$ une vitesse égale et contraire à celle ω_2 de l'induit ; ce dernier tombe au repos et le champ conserve une vitesse $\omega_1 - \omega_2 = \omega_r$ (voir fig. 23). Dans ces nouvelles conditions, tout se passe comme si, *l'induit étant fixe*, il était balayé par un flux tournant constant de vitesse ω_r, ou par un flux fixe périodique de période $\frac{2\pi}{\omega r}$ pour chaque cadre, attendu que le flux réel dans

* * *

chacun de ces derniers varie sinusoïdalement.

Ce flux périodique fictif est le *flux d'induction mutuelle*. $\mathcal{H}_1$ développe dans les cadres induits décalés géométriquement de $\frac{2\pi}{m_2}$ des courants alternatifs de vitesse angulaire ω_r et décalés dans le temps de $\frac{2\pi}{m_1}$, qui donnent à leur tour un flux $\mathcal{H}_2$ tournant à la même vitesse (ω_r) et qu'on peut supposer *également périodique;* c'est lui qui développe la *force électromotrice de self-induction* dans les cadres induits. Il suit le flux inducteur dans l'espace, dans le mouvement réel, et il en possède la vitesse absolue, car $\omega_1 = \omega_2 + \omega_1 - \omega_2$.

Quant à l'inducteur, il est balayé par le champ inducteur et le champ induit à la même vitesse absolue ω_1, et tout se passe comme si, *ces champs étant périodiques*, de période $\frac{2\pi}{m_1}$, de maximum $\mathcal{H}_1$ et $\mathcal{H}_2$, ils étaient fixes dans l'espace.

En résumé, pour l'inducteur et l'induit, tout se passe comme si, étant fixes et formant la carcasse d'un transformateur :

1° Chacun des cadres de l'induit était soumis à une induction mutuelle due à un flux périodique de vitesse ω_r et de maximum $\mathcal{H}_1$ et à une self-induction produite par un deuxième flux périodique de même vitesse et de maximum $\mathcal{H}_2$.

2° Chacun des cadres de l'inducteur était sollicité par une induction mutuelle provenant d'un flux périodique de vitesse ω_1 et de maximum $\mathcal{H}_2$, et par une self-induction provoquée par un autre flux de vitesse identique et de maximum $\mathcal{H}_1$.

Déterminons maintenant les données de ce pseudo-transformateur à courants alternatifs. Soient L_1 et L_{-1} les coefficients de self-induction d'un cadre de l'inducteur et d'un cadre de l'induit; M *le coefficient d'induction mutuelle d'un cadre de l'inducteur par rapport à un cadre de l'induit qui serait parallèle au premier;* n_1 et n_2 les nombres de spires pour un cadre; S_1 et S_2 les sections libres d'un cadre de chaque organe.

Épure des forces électromotrices pour un cadre d'induit. — L'épure se fait comme celle d'un transformateur.

L'induction totale mutuelle dans un cadre d'induit est due à un flux maximum $n_2 S_2 \mathcal{H}_1 = n_2 S_2 \frac{m_1}{2} H_1$ (1).

Or, H_1 étant le champ maximum d'un cadre inducteur, le coefficient d'induction mutuelle M est $H_1 S_2 n_2$; (1) devient ainsi

$$\frac{m_1}{2} M. \qquad (1)$$

Si donc on considère un seul cadre de l'induit, la force électromotrice maximum d'induction mutuelle est la même que si le coefficient d'induction était $\frac{m_1}{2}$M, c'est donc :

$$\omega_r \frac{m_1}{2} M I_1 = (\omega_1 - \omega_2) \frac{m_1}{2} M I_1$$

On établirait de même que la force électromotrice de self-induction se calcule en comptant sur un coefficient $\frac{m_2}{2} L_2$ et qu'elle est

$$(\omega_1 - \omega_2) \frac{m_2}{2} L_2 I_2.$$

Le triangle des forces électromotrices d'un cadre induit est donc OBC (fig. 24), $R_2 I_2 = E_2$ étant la force électromotrice effective et R_2 la résistance ohmique du cadre considéré.

Epure des forces électromotrices pour un cadre inducteur. — I_1 axance de 90° sur OC. La force électromotrice effective est en phase avec I_1 : c'est OD = $R_1 I_1$.

La force électromotrice de self-induction s'établit en remarquant que le coefficient total pour un cadre est $\frac{m_1}{2} L_1$, et la vitesse angulaire ω_1. Elle est égale à $\omega_1 \frac{m_1}{2} L_1 I_1$ (FD) et elle retarde de $\frac{\pi}{2}$ sur $R_1 I_1$.

La force électromotrice d'induction mutuelle due à l'induit peut s'écrire par analogie $\omega_1 \frac{m_2}{2} M I_2$ (FG) et elle retarde de $\frac{\pi}{2}$ sur I_2 ou OB.

OG = E_1 est la force électromotrice ap-

pliquée aux bornes d'un des cadres inducteurs.

AUTRE ÉPURE (fig. 24). — Les courants I_1 et I_2 sont décalés de $\frac{\pi}{2} + \varphi$. Ils donnent lieu aux forces magnétomotrices $\frac{m_1}{2} 4 \pi n_1 I_1$ et $\frac{m_2}{2} 4 \pi n_2 I_2$ décalées du même angle, qui produisent un flux résultant Φ, lequel existe seul

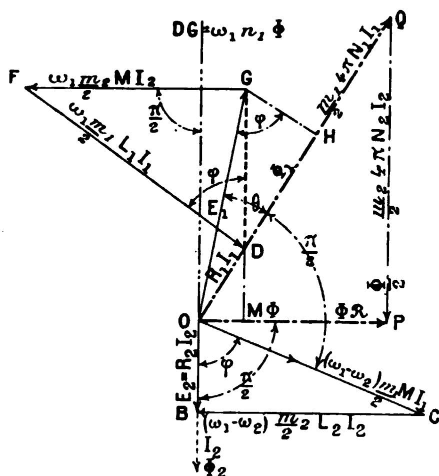


Fig. 24. — Epure des forces électromotrices d'un moteur polyphasé asynchrone bipolaire.

dans le moteur. La force magnétomotrice effective est $\Phi \mathcal{R}$, $\mathcal{R}$ étant la reluctance du circuit magnétique. Ces trois forces magnétomotrices forment le triangle rectangle OQP, attendu que I_2 et PQ sont en retard de 90° sur le flux résultant.

Les forces électromotrices deviennent ainsi :

Dans un cadre d'induit : $R_2 I_2 = (\omega_1 - \omega_2) n_2 \Phi = OB$, en retard de $\frac{\pi}{2}$ sur Φ ;

Dans un cadre inducteur : $R_1 I_1 = OD$, $\omega_1 n_1 \Phi = DG_r$, en retard de 90° ou $\frac{\pi}{2}$ sur Φ et $E_1 = OG_r$.

L'épure est ainsi simplifiée, les questions de self-induction et d'induction mutuelle disparaissant du raisonnement et des formules.

Remarquons que, pour un régime donné du moteur, OQ peut représenter le flux fictif inducteur Φ_1, OP le flux fictif Φ_2 et OP le flux réel résultant Φ.

QUELQUES FORMULES APPLICABLES AUX MOTEURS A CHAMP TOURNANT BIPOLAIRE

Puissance dépensée dans l'induit : $\frac{1}{2} OC\, I_2 \cos \varphi = \frac{1}{2} R_2 I_2^2$ par cadre, $\frac{m_2}{2} R_2 I_2^2$ pour les m_2 cadres.

Couple moteur brut. — La puissance perdue par effet Joule dans l'induit est égale au couple multiplié par la vitesse angulaire $(\omega_1 - \omega_2)$ du flux par rapport à l'induit.

$$C(\omega_1 - \omega_2) = \frac{m_2}{2} R_2 I_2^2, \text{ d'où } C = \frac{m_2}{2} \frac{R_2 I_2^2}{(\omega_1 - \omega_2)}.$$

Mais

$$I_2 = \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2} n_2 \Phi.$$

En remplaçant

$$C = \frac{m_2}{2} n_2 I_2 \Phi. \qquad (1)$$

$$C = \frac{m_2}{2} \frac{(\omega_1 - \omega_2) n_2^2 \Phi^2}{R_2}. \qquad (2)$$

Exprimons le couple en fonction de Φ_1.

$$\Phi^2 = \Phi_1^2 \cos^2 \varphi ;$$

$$\cos^2 \varphi = \frac{1}{1 + tg^2 \varphi} = \frac{R_2^2}{R_2^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 \left(\frac{m_2}{2} L_2\right)^2}$$

Soit

$$\frac{m_2}{2} L_2 = L'_2.$$

On a :

$$\Phi^2 = \Phi_1^2 \frac{R_2^2}{R_2^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}$$

et

$$C = \frac{m_2}{2} n_2^2 \Phi_1^2 \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R_2^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \qquad (3)$$

Cas particuliers : $n_2 = 1$ (induit à barres en cage d'écureuil)

$$C = \frac{m_2}{2} \Phi_1^2 \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R_2^2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}$$

Remplaçons Φ_1^2 par sa valeur

$$\left(\frac{m_1}{2} \frac{4 \pi n_1 I_1}{\mathcal{R}}\right)^2$$

dans la relation (3)

$$C = \frac{m_2 m^2_1}{8} \left(\frac{16\pi^2 n^2_1 n^2_2}{\mathfrak{R}^2}\right) I^2_1 \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}$$

$$C = \frac{m_2 m^2_1}{8} M^2 I^2_1 \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \quad (4)$$

$\mathfrak{R}$ et I étant variables dans la première partie de la formule, on peut écrire :

$$C = A \frac{I^2_1}{\mathfrak{R}^2} \frac{(\omega_1 - \omega_2) R^2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \quad (5)$$

$$A = \frac{m_2 m^2_1}{8} M^2 \mathfrak{R}^2 = \frac{m_2 m^2_1}{8} 16\pi^2 n^2_1 n^2_2$$

La résolution du triangle OMDG appuyée de celle du triangle DGF et de quelques transformations permet d'exprimer $I_1{}^2$ en fonction de $E_1{}^2$. On a finalement :

$$C = A \frac{E^2_1}{\mathfrak{R}^2} \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + \{R_2 \omega_1 L'_1 + R_1(\omega_1 - \omega_2) L'_2\}^2} \quad (6)$$

$$C = \frac{m_2 m^2_1}{8} M^2 E^2_1 \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + \{R_2 \omega_1 L'_1 + R_1(\omega_1 - \omega_2) L'_2\}^2} \quad (7)$$

Force électromotrice appliquée E_1. — Dans OGH :

$$E^2_1 = (R_1 I_1 + \omega_1 n_1 \Phi \sin \varphi)^2 + (\omega_1 n_1 \Phi \cos \varphi)^2.$$

Si on peut négliger $R_1 I_1$:

$$E_1 = \omega_1 n_1 \Phi.$$

Si φ est très grand au démarrage du moteur, par exemple, on a approximativement $E_1 = R_1 I_1 + \omega_1 n_1 \Phi$.

Force électromotrice effective du secondaire

$$E_2 = R_2 I_2 = (\omega_1 - \omega_2) n_2 \Phi.$$

Au démarrage : $\omega_2 = 0$ et $E_2 = R_2 I_2 = \omega_1 n_2 \Phi$.

Courants. — Le triangle OPQ donne

$$\frac{m_2}{2} 4\pi n_2 I_2 = \frac{m_1}{2} 4\pi n_1 I_1 \sin \varphi,$$

d'où

$$I_2 = \frac{m_1 n_1}{m_2 n_2} I_1 \sin \varphi.$$

Décalages.

$$\cos \theta = \frac{R_1 I_1 + \omega_1 n_1 \Phi \sin \varphi}{E_1},$$

$$\cos \varphi = \frac{\Phi R}{\frac{m_1}{2} 4\pi n_1 I_1}, \quad \text{tg}\, \varphi = \frac{(\omega_1 - \omega_2) \frac{m_2}{2} L_2}{R_2}$$

Ce dernier est maximum pour $(\omega_1 - \omega_2)$ maximum, c'est-à-dire au démarrage.

On a aussi

$$\text{tg}\,(\theta + \varphi) = \frac{\omega_1 \frac{m_1}{2} L_1}{R_1} + \frac{(\omega_1 - \omega_2) \frac{m_2}{2} L_2}{R_2}$$

Si λ_1 et λ_2 sont les inductances d'un cadre inducteur et d'un cadre induit, on a :

$$\text{tg}\, \varphi = \frac{\lambda_2}{R_2}, \quad \text{tg}\,(\theta + \varphi) = \frac{\lambda_1}{R_1} + \frac{\lambda_2}{R_2}$$

$$\text{et tg}\, \theta = \frac{\lambda_1 R^2_2}{R_1 R^2_2 + \lambda_1 \lambda_2 R_2 + \lambda^2_2 R_1}$$

Les *flux fictifs* inducteur et induit sont *décalés* de $\frac{\pi}{2} + \varphi$. Ils se suivent à la vitesse $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$ dans l'espace.

Puissance fournie au moteur. — C'est $\frac{1}{2} E_1 I_1 \cos \theta$ par cadre inducteur, $\frac{m_1}{2} E_1 I_1 \cos \theta$ au total.

Rendement électrique de l'induit. — La puissance dépensée en effet Joule dans l'induit étant proportionnelle à $(\omega_1 - \omega_2)$, la puissance utilisée et la puissance fournie à l'inducteur sont respectivement proportionnelles à ω_2 et à ω_1. Le *rendement électrique* de l'induit est donc

$$R_e = \frac{\omega_2}{\omega_1}.$$

Les nombres de tours par seconde du champ inducteur et de l'induit sont :

$$N_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{\omega_1}{2\pi}$$

$$N_2 = \frac{\omega_2}{2\pi}.$$

B) MOTEURS MULTIPOLAIRES

1° *Généralisation de la théorie élémentaire des moteurs bipolaires.* — Dans cette dernière

théorie, nous avons calculé l'induction dans les différents circuits en considérant un flux uniforme tournant et donnant lieu dans les spires, avec lesquelles il forme des angles régulièrement variables, à une variation de flux périodique simple.

Nous pouvons aussi opérer en ayant égard au flux coupé dans l'entrefer par les différents fils des deux enroulements, et, pour autant que le champ dans l'entrefer est assez sensiblement sinusoïdal, ce qui est reconnu en pratique, ce flux coupé l'est aussi sensiblement. Il en résulte que les forces électromotrices et les courants sont sinusoïdaux, que les décalages sont ceux des fonctions sinus en général et que la théorie des moteurs bipolaires s'applique aux moteurs multipolaires, si les champs dans l'entrefer y sont périodiques simples. Cette dernière hypothèse étant vérifiée en pratique et en théorie, avec une approximation assez grande, tous les calculs et les tracés graphiques que nous avons exécutés dans le paragraphe A peuvent être reproduits ici en tenant compte des données particulières de la question.

2° *Données de la question. Signification des grandeurs physiques employées dans la théorie des moteurs multipolaires. — Vitesses.* — ω_1 est la vitesse angulaire des courants inducteurs dont le temps périodique est T.

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$$

V_1 étant la vitesse angulaire de rotation des flux inducteurs, V'_1 leur vitesse linéaire et N_{t_1} leur nombre de tours par seconde autour de l'axe du moteur,

$$V_1 = \frac{1}{p}\frac{2\pi}{T} = \frac{\omega_1}{p}$$

$$V'_1 = \frac{2\pi R_1}{pT_1} = \frac{\omega_1 R_1}{p}$$

$$Nt_1 = \frac{1}{pT} = \frac{\omega_1}{p 2\pi}$$

V_2, V'_2, N_{t_2} étant la vitesse angulaire, la vitesse linéaire périphérique et le nombre de tours par seconde de l'induit, en retard sur le flux inducteur,

$$V_2 = \frac{1}{p}\frac{2\pi}{T_2} = \frac{\omega_2}{p}$$

$$V'_2 = \frac{2\pi R_2}{pT_2} = \frac{\omega_2 R_2}{p}$$

$$Nt_2 = \frac{1}{pT_2} = \frac{\omega_2}{p 2\pi}$$

La vitesse angulaire des courants de l'induit et la vitesse angulaire relative des flux de l'induit sont :

$$\omega_1 - \omega_2 = \omega r$$

$$Var = \frac{\omega_1 - \omega_2}{p}$$

$\omega_1 - \omega_2$ est le *glissement* ou *retard de l'induit* $\frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} = \frac{N_{t1} - N_{t2}}{N_{t1}} = g$ est le *coefficient de glissement.*

Forces magnétomotrices et flux.—Les forces magnétomotrices des circuits inducteur et induit par champ double sont (Voir *Etude des champs tournants)* :

$$F_1 = K_1\, 4\pi \frac{N_1}{2p}\, I_{1\,max} \quad (8)$$

$$F_2 = K_2\, 4\pi \frac{N_2}{2p}\, I_{2\,max} \quad (9)$$

Les flux fictifs inducteur et induit pour un champ s'évaluent aussi fictivement en comptant sur la perméabilité $\mathfrak{R}$ au flux Φ résultant

$$\Phi_1 = K_1 \frac{4\pi N_1}{2p\mathfrak{R}}\, I_1 \quad (10)$$

$$\Phi_2 = K_2 \frac{4\pi N_2}{2p\mathfrak{R}}\, I_2 \quad (11)$$

Induction mutuelle et self-inductions. — La formule générale de l'induction mutuelle étant

$$E = \omega MI,$$

voyons la signification du terme M.

L'induction mutuelle *sur le circuit d'une phase de l'induit* se calcule facilement :

N_1, N_2, m_1, m_2, k_1, k_2 sont le nombre de fils périphériques, des phases et les coefficients k (voir *Champs tournants*) des forces

électromotrices des deux enroulements.

$$E'_2 = (\omega_1 - \omega_2)\,\Phi_1\,k_2\,\frac{N_2}{2m_2} = (\omega_1 - \omega_2)\,K_1\,\frac{4\pi N_1 I_1}{\mathfrak{R}\,2p}$$

$$k_2\,\frac{N_2}{2m_2} = (\omega_1 - \omega_2)\,M_1\,I_1$$

$$M_1 = \frac{K_1 k_2}{m_2}\,\frac{4\pi N_1 N_2}{\mathfrak{R}\,2p \times 2} = \frac{K_1 k_2}{m_2}\,M \qquad (12)$$

M étant le coefficient d'induction des deux circuits inducteurs et induits superposés et placés sur un noyau unique de façon que les forces magnétomotrices et les forces électromagnétiques s'ajoutent simplement.

$$M_1 = \frac{K_1 k_2}{m_2}\,M \qquad (13)$$

est donc le coefficient d'induction mutuelle de l'inducteur dans une phase de l'induit,

$$M_2 = \frac{K_2 k_1}{m_1}\,M \qquad (14)$$

Fig. 25. — Epure des forces électromotrices d'une phase de chaque enroulement d'un moteur polyphasé multipolaire.

est le coefficient d'induction mutuelle de l'induit sur une phase de l'inducteur.

On établirait facilement que l'on a :

$$L'_1 = \frac{K_1 k_1}{m_1}\,\frac{4\pi N_1}{\mathfrak{R}\,2p} \times \frac{N_1}{2} = \frac{K_1 k_1}{m_1}\,L_1 \qquad (15)$$

$$L'_2 = \frac{K_2 k_2}{m_2}\,\frac{4\pi N_2}{\mathfrak{R}\,2p} \times \frac{N_2}{2} = \frac{K_2 k_2}{m_2}\,L_2 \qquad (16)$$

pour coefficients de self-induction d'une phase des deux enroulements, L_1 et L_2 étant les coefficients théoriques correspondant à M.

3° *Graphique des forces électromotrices.*

La figure 25 donne le tracé des forces électromotrices d'une phase de chaque enroulement. Il est semblable à celui de la figure 24 avec les modifications relatives aux moteurs multipolaires.

R_1 et R_2 sont les résistances d'une phase inductrice et d'une phase induite.

4° *Formules applicables aux moteurs à champs tournants multipolaires, abstraction faite des dispersions magnétiques et des pertes par courants de Foucault et hystérésis.* —

Puissance dépensée dans l'induit en effet Joule :

$$\frac{1}{2}\,\mathrm{OC}\cos\varphi\, I_2 = \frac{1}{2} R_2 I_2^2$$

par phase, et

$$\frac{m_2}{2} R_2 I_2^2$$

au total.

Couple moteur brut. — La puissance dépensée en effet Joule dans l'induit est égale au couple brut multiplié par la vitesse angulaire $\frac{\omega_1 - \omega_2}{p}$ du flux par rapport à l'induit

$$\frac{C(\omega_1 - \omega_2)}{p} = \frac{m_2}{2} R_2 I_2^2,$$

d'où

$$C = \frac{m_2}{2}\,\frac{p R_2}{\omega_1 - \omega_2}\, I_2^2.$$

Mais

$$I_2 = \frac{k_2(\omega_1 - \omega_2)}{R_2}\,\Phi\,\frac{N_2}{2 m_2}.$$

Il vient :

$$C = k_2 \frac{p N_2}{4}\,\Phi I_2, \quad (18)$$

$$C = k_2^2 \frac{N_2^2}{8 m_2}\, p\, \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2}\,\Phi^2, \quad (19)$$

$$\Phi^2 = \Phi^2_1 \cos^2\varphi = \Phi^2_1 \frac{1}{1 + \mathrm{tg}^2\varphi}$$

$$= \Phi^2_1 \frac{R^2}{R^2_2 + (\omega_1 = \omega_2)^2 L'^2_2},$$

$$C = k^2_2 \frac{N^2_2}{8 m_2}\, p \Phi_1^2\, \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \quad (20)$$

Des transformations indiquées à propos des moteurs bipolaires permettent d'écrire

$$C = \frac{m_2}{2} M^2_1\, p\, I^2_1\, \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}, \quad (21)$$

$$C = A\,\frac{I^2_1}{\mathfrak{R}^2}\,\frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}, \quad (22)$$

$$A = \frac{m_2}{2} M^2_1\, p\, \mathfrak{R}^2$$

$$I^2_1 = E^2_1\,\frac{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}{R^2_1 R^2_2 + \{R_2 \omega_1 L'_1 + R_1(\omega_1 - \omega_2) L'_2\}^2} \quad (22 bis)$$

$$E^2_1 = I^2_1\,\frac{R^2_1 R^2_2 \{R_2 \omega_1 L'_1 + R_1(\omega_1 - \omega_2) L'_2\}^2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \quad (22 ter)$$

$$C = \frac{m_2}{2} M^2_1\, p\, E^2_1\,\frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + \{R_2 \omega_1 L'_1 + R_1(\omega_1 - \omega_2) L'_2\}^2} \quad (23)$$

$$C = A\,\frac{E^2_1}{\mathfrak{R}_2}\,\frac{(\omega_1 + \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + \{\mathfrak{R}^2 \omega_1 L'_1 + R_1(\omega_1 - \omega_2) L'_2\}^2} \quad (24)$$

Force électromotrice appliquée E_1. — Dans OGH :

$$E^2_1 = \left(R_1 I_1 + k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1}\sin\varphi\right)^2 + \left(k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1}\cos\varphi\right)^2 \quad (25)$$

Si on peut négliger $R_1 I_1$ (au synchronisme) :

$$E_1 = k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1}. \quad (26)$$

Si φ est très grand, *au démarrage*, notamment, on a approximativement :

$$E_1 = R_1 I_1 + k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1}. \quad (27)$$

Force électromotrice effective d'une phase de l'induit.

$$E_2 = R_2 I_2 = k_2(\omega_1 - \omega_2)\Phi \frac{N_2}{2 m_2}.$$

Au démarrage,

$$E_2 = k_2 \omega_1 \Phi \frac{N_2}{2 m_2}.$$

Courants. — Le triangle OPQ donne

$$I_2 = \frac{K_1}{K_2}\,\frac{N_1}{N_2}\, I_1 \sin\varphi.$$

Or,

$$\frac{K_1}{K_2} = 1,$$

généralement. On a alors

$$I_2 = \frac{N_1}{N_2} I_1 \sin\varphi.$$

Décalages.

$$\cos\theta = \frac{R_1 I_1 + k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1}\sin\varphi}{E_1}. \quad (28)$$

$$\cos\varphi = \frac{\Phi\,\mathfrak{R}\, 2p}{K_1 4\pi N_1 I_1} \quad (29)$$

$$\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{(\omega_1 - \omega_2) L'_2}{R_2} \quad (30)$$

$$\mathrm{tg}(\theta + \varphi) = \frac{\omega_1 L'_1}{R_1} + \frac{(\omega_1 - \omega_2) L'_2}{R_2} \quad (31)$$

$$\lambda_1 = \omega_1 L'_1,\ \lambda_2 = (\omega_1 - \omega_2) L_2.$$

$$\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{\lambda_2}{R_2} \quad (32)$$

$$\mathrm{tg}(\theta + \varphi) = \frac{\lambda_1}{R_1} + \frac{\lambda_2}{R_2}, \quad (33)$$

$$\mathrm{tg}\,\theta = \frac{\lambda_1 R^2_2}{R_1 R^2_2 + \lambda_1 \lambda_2 R_2 + \lambda^2_2 R_1}. \quad (34)$$

Les flux fictifs Φ_1 et Φ_2, comme les courants, sont décalés de $\frac{\pi}{2} + \varphi$. Ils se suivent dans l'espace à la vitesse

$$\frac{\omega_1}{p} = \frac{2\pi}{pT} \qquad (35)$$

La puissance fournie au moteur par phase est

$$\frac{1}{2} E_1 I_1 \cos\theta, \text{ et au total } \frac{m_1}{2} E_1 I_1 \cos\theta. \qquad (36)$$

Le rendement électrique de l'induit s'évalue comme pour les moteurs bipolaires.

$$R = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 - g. \qquad (37)$$

La vitesse de l'induit résulte de relations posées antérieurement.

$$N t_2 = \frac{\omega_2}{p\, 2\pi} = N t_1 (1 - g). \qquad (38)$$

Remarque. — Toutes les formules ci-dessus sont applicables aux moteurs bipolaires à la condition qu'on emploie les coefficients K et k renseignés pour ces moteurs dans le chapitre traitant des champs tournants. K est le coefficient de la force magnétomotrice moyenne et k celui des forces électromotrices.

(*A suivre.*)

S. Hanappe.

TRANSMISSION DE PUISSANCE DE MECHANICVILLE A SCHENECTADY

Les transmissions électriques de la puissance des chutes hydrauliques se développent sans relâche aux États-Unis, parfois même avec une libéralité et une insouciance des aspects économiques de la question qui trouvent leur meilleure illustration dans l'exemple de certaines installations des États de l'Ouest, et même dans la célèbre installation de l'état de New-York à Niagara.

Des transmissions électriques aux États-Unis, la dernière en date et la plus intéressante utilise la puissance hydraulique du fleuve Hudson à Mechanicville (État de New-York).

Cette puissance hydraulique disponible à l'usine est de 5 à 7 000 chevaux, et l'emploi d'un voltage élevé en permet la distribution sur une grande étendue de territoire.

L'usine génératrice, inaugurée depuis quelques semaines, est bâtie sur l'Hudson en une position dont nous verrons plus loin les avantages, à 3 km environ de Mechanicville, 17,7 km de Troy, et 29 km d'Albany, la ville capitale de l'État de New-York. Chacune de ces villes peut trouver emploi dans ses usines pour une grande quantité de la puissance qu'on pourra produire. Mais elle alimente en ce moment un centre de consommation aussi important que peuvent l'être les autres réunis. Ce sont les usines de la « General Electric Company » à Schenectady qui sont parmi les plus grandes du monde entier et couvrent une superficie de plus de 50 hectares (1).

Le titre de principal consommateur a permis à la General Electric Company de faire prévaloir ses idées et son expérience dans les détails électriques de l'installation, et les détails hydrauliques ont été établis avec les mêmes pouvoirs discrétionnaires par la Compagnie hydraulique Stillwell-Bierce et Smith-Vaile, dont le directeur a fondé et préside la « Société de Transmission » qui a construit et opère l'installation. De cette coopération résulte une installation essentiellement conforme aux meilleures méthodes modernes des industries hydrauliques et électriques aux États-Unis.

Disposition générale. — L'emplacement choisi pour l'usine est sur la rive droite de l'Hudson, à 3 km de Mechanicville. A cette hauteur, la rivière a une largeur totale de

(1) La General Electric Company a deux usines d'égale étendue totale à Lynn, près Boston (Massachussetts) et à Harrison (New-Jersey).

360 m environ, mais elle est divisée en deux bras par une petite île distante de 120 m au

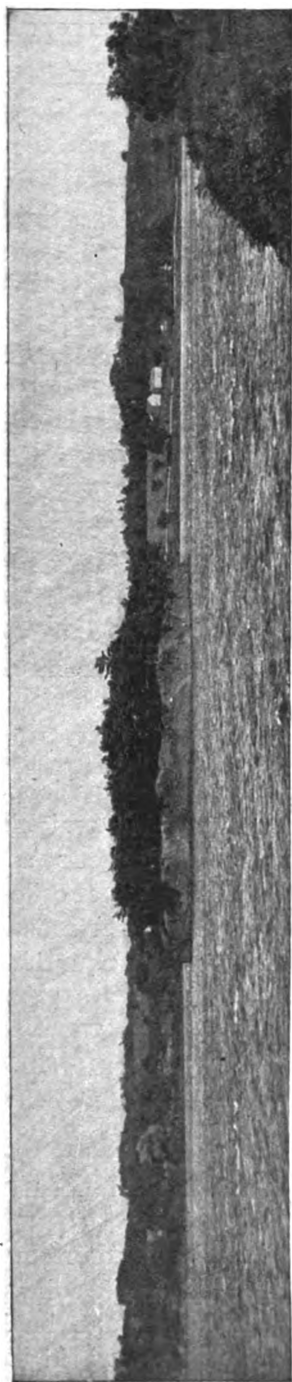


Fig. 1. — Vue de l'Hudson avant l'installation de l'usine.

plus de la rive droite du fleuve. La figure 1 représente le site (vu de la rive droite). A l'abri d'une digue provisoire barrant les deux bras de la rivière, on a pu faire, dans le lit rocheux du fleuve, les excavations néces-

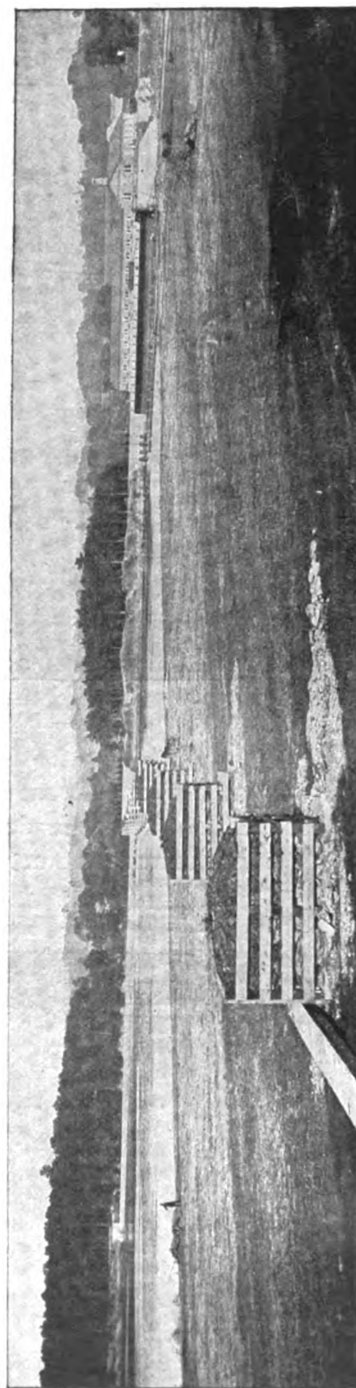


Fig. 2. — Vue de l'Hudson après l'installation de l'usine.

saires à l'établissement des digues et de la station. La figure 2 représente les travaux.

****

La Station. — Celle-ci s'étend normalement à la rive droite du fleuve sur laquelle elle s'appuie par une chaussée, et transversalement au fleuve sur une longueur de 65 m environ, et la digue qui la réunit à l'île (appelée Bluff Island) a à peu près la même longueur, avec une hauteur de 8 m au-dessus du lit de la rivière, une largeur de 3 m au

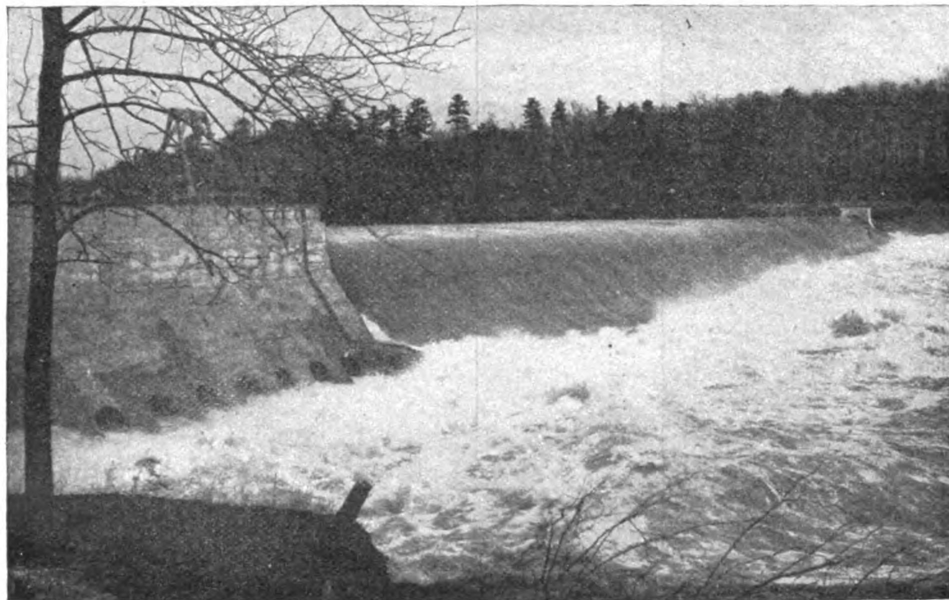


Fig. 3. — Digue principale et portes d'échappement.

sommet, qui augmente et s'évase jusqu'à 5,50 m à la base. Elle est munie de quatre portes d'échappement mesurant 2 m × 1,5 m,

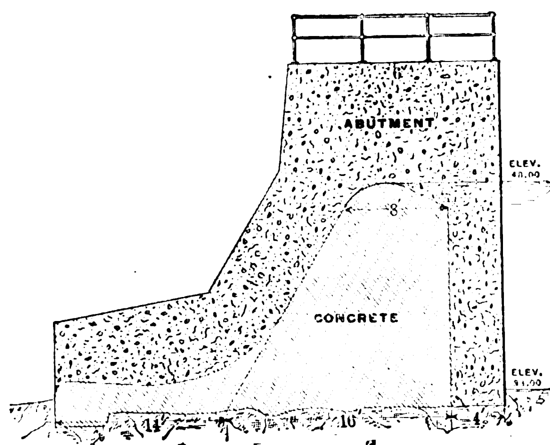


Fig. 4. — Section de la digue principale.

opérées par crémaillère et pignon comme le montrent les figures.

De l'autre côté de l'île, le fleuve est barré par une digue moins haute, qui laisse échapper le trop-plein du réservoir d'aval; elle a 4,90 m de haut, 2,40 m de largeur au sommet, 4,80 m de largeur à la base, et celle-ci s'élargit encore à l'aval en un tablier massif destiné à dévier horizontalement l'eau déversée et à

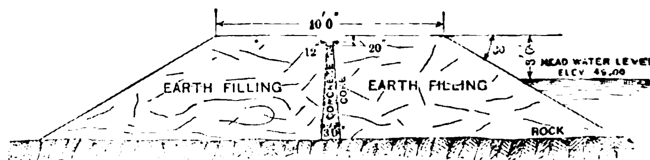


Fig. 5. — Section de la chaussée de l'usine.

prévenir son choc destructeur sur les assises de la digue (fig. 4). Elle est solidement attachée à chaque rive par une butée massive d'épaisseurs au sommet et à la base respectivement égales à 4,80 m et 10,5 m. Les portes pour l'échappement sont les mêmes que dans l'autre digue, et, pour elles comme pour les autres détails, nous renvoyons le lecteur aux

figures 3, 4 et 5, qui suffisent à illustrer clairement la construction substantielle et massive dont nous avons signalé les principales

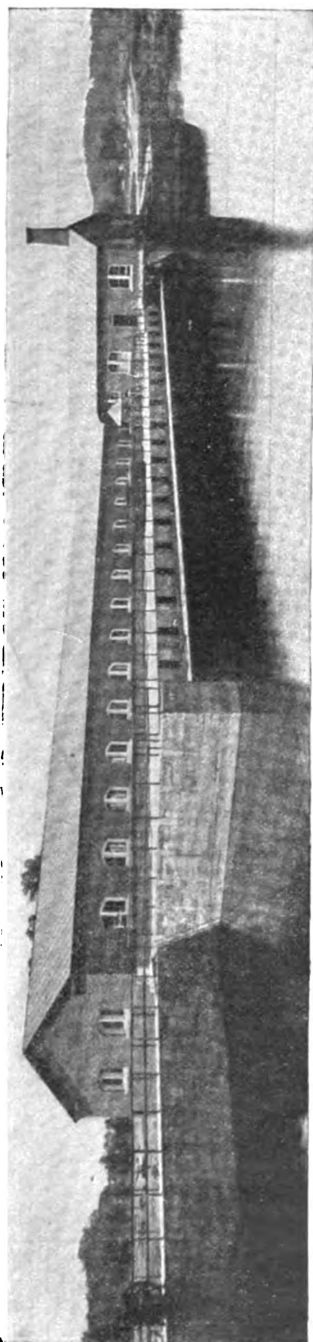


Fig. 6. — Côté amont de la station génératrice.

données. Ajoutons que le béton est la matière employée dans toute cette construction, ainsi du reste que dans la partie submergée de la station, et le centre ou noyau de la large chaussée qui réunit celle-ci à la rive droite.

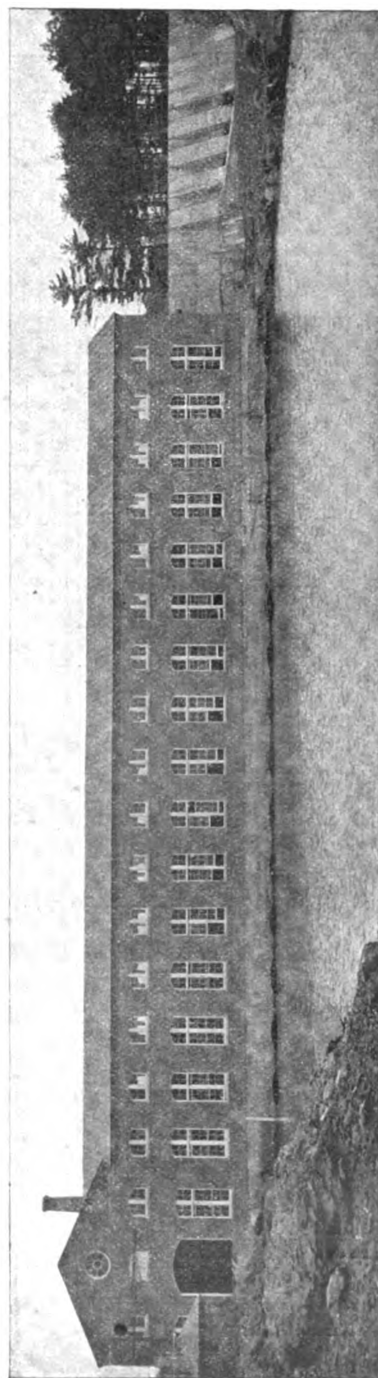


Fig. 7. — Côté aval de la station génératrice.

Ce noyau imperméable prévient la filtration des eaux d'amont à travers la chaussée. (Voir en figure 5, la construction.)

L'usine est pratiquement la terminaison de la digue sur la rive droite du fleuve. Elle repose sur le roc solide et ses fondations sont en béton. Ses murailles sont en béton enveloppant des colonnes d'acier sur lesquelles reposent les poutres, également en acier, qui supportent la construction. La coupe longitudinale, figure 9, et la coupe transversale,

Fig. 8. — Plan de la station génératrice.

Fig. 9. — Elévation de côté de la station génératrice.

figure 10, en feront comprendre les détails et la construction substantielle en moins de temps qu'on ne mettrait à les décrire.

Sur la même coupe transversale, figure 10, on voit que l'usine est divisée en deux par une épaisse muraille normale au fleuve. En amont de celle-ci sont représentées les turbines Victor; en aval sont placés les régulateurs et les machines électriques.

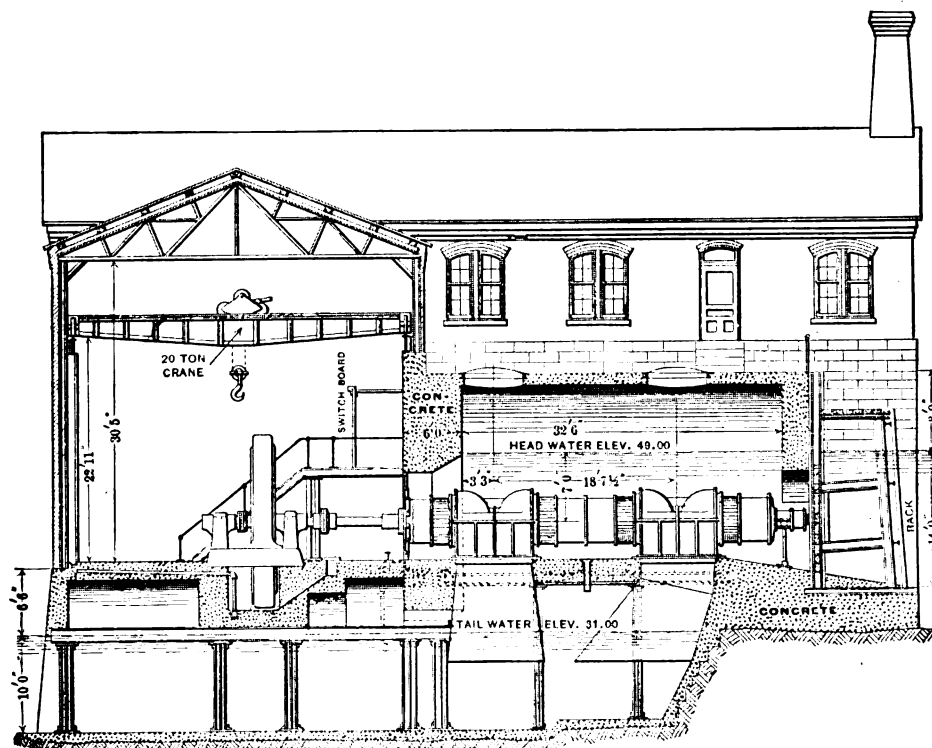


Fig. 10. — Section des chambres des turbines principales.

Turbines. — Il y a actuellement cinq turbines principales, couplées à cinq alternateurs triphasés, et deux turbines plus petites, couplées à deux excitatrices de 100 kilowatts.

Les premières sont logées dans des chambres voûtées de 10 m de long, 6,70 m de large, et 5,20 m de haut, chacune pourvue de deux trous d'homme de 1,80 m de diamètre (fig. 10).

Les autres sont logées dans des chambres de 10 m de long, 5,20 m de haut et 3 m de large (fig. 11).

La muraille séparant les générateurs des chambres d'eau a 1,82 m d'épaisseur et les murailles latérales divisionnaires ont 0,90 m. Dans la masse de la première est encastrée pour chaque groupe moto-générateur, une puissante culasse de fer portant les coussinets et l'anneau graisseur de l'arbre couplant

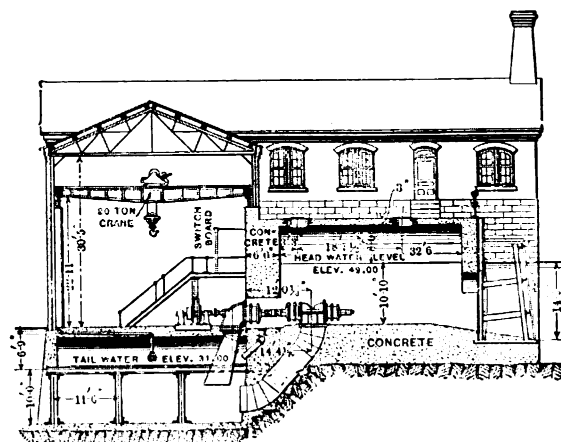


Fig. 11. — Section des chambres des turbines d'excitation.

générateur et turbine. Chaque turbine principale est constituée de deux paires [1] de turbines horizontales Victor de 1,07 m de diamètre et chaque groupe donne 1 000 chevaux à la vitesse normale de 114 révolutions. La chute de niveau dans les turbines est de 5,49 m. Cinq de ces turbines sont en service et deux en réserve.

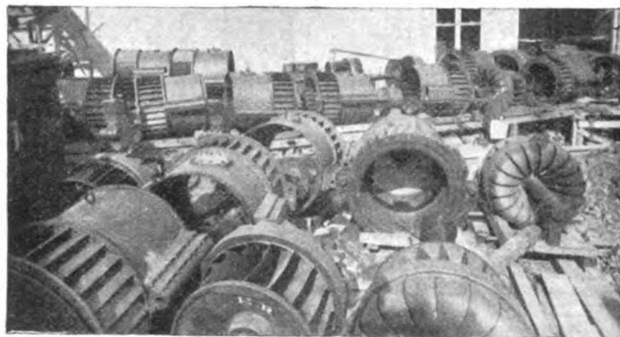


Fig. 12. — Éléments des turbines Victor.

Les turbines des excitatrices sont au nombre de deux, chacune composée de trois éléments Victor, disposés ainsi que le représente la figure 11. Chaque groupe donne 300 chevaux à la vitesse de 260 tours.

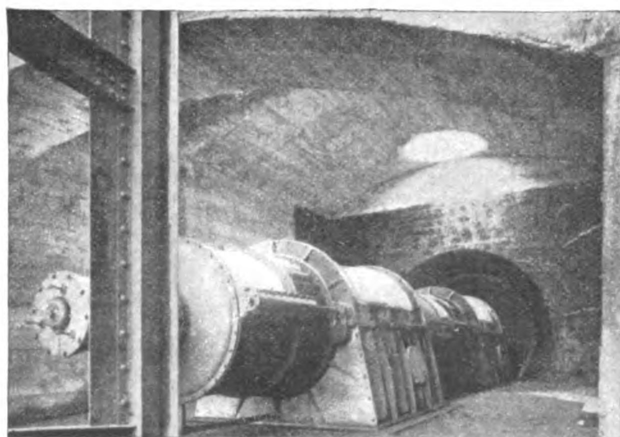


Fig. 13. — Chambre des turbines principales.

Régulateurs. — Les régulateurs méritent une attention spéciale que nous ne pourrions leur donner aujourd'hui sans entraîner de longs développements dans ce sens aux dépens du reste. Ils sont d'ailleurs connus par leur excellent service dans des installations antérieures aux États-Unis, et ont sans doute été minutieusement décrits dans des journaux du continent. Ce sont :

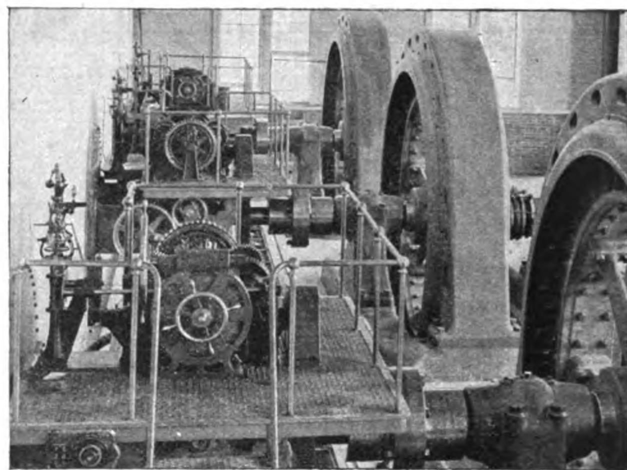


Fig. 14. — Régulateur des turbines principales, type Giesler.

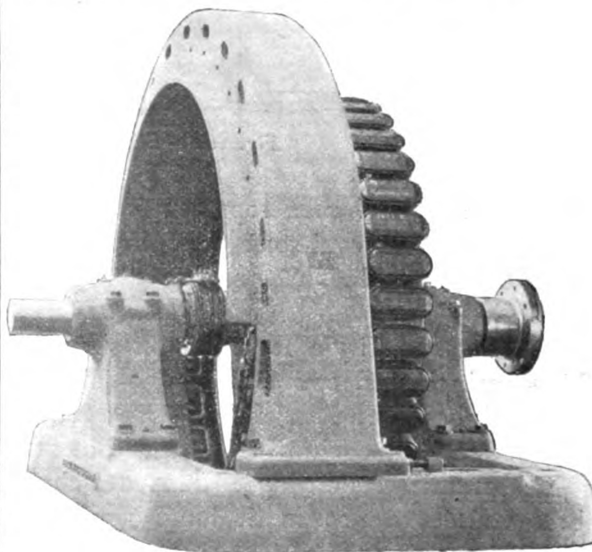


Fig. 15. — Alternateur triphasé 750 kw. Champ tournant découvert.

1° Pour les turbines principales le régulateur électromécanique de Giesler, sensible et rapide à un très haut degré, capable de cor-

(1) Les turbines ainsi constituées de paires exercent, comme on sait, bien moins d'efforts sur le palier.

riger l'effet d'une suppression de la pleine charge dans l'espace de six secondes ; 2° pour les turbines des excitatrices, le régulateur purement mécanique de Snow, plus lent que

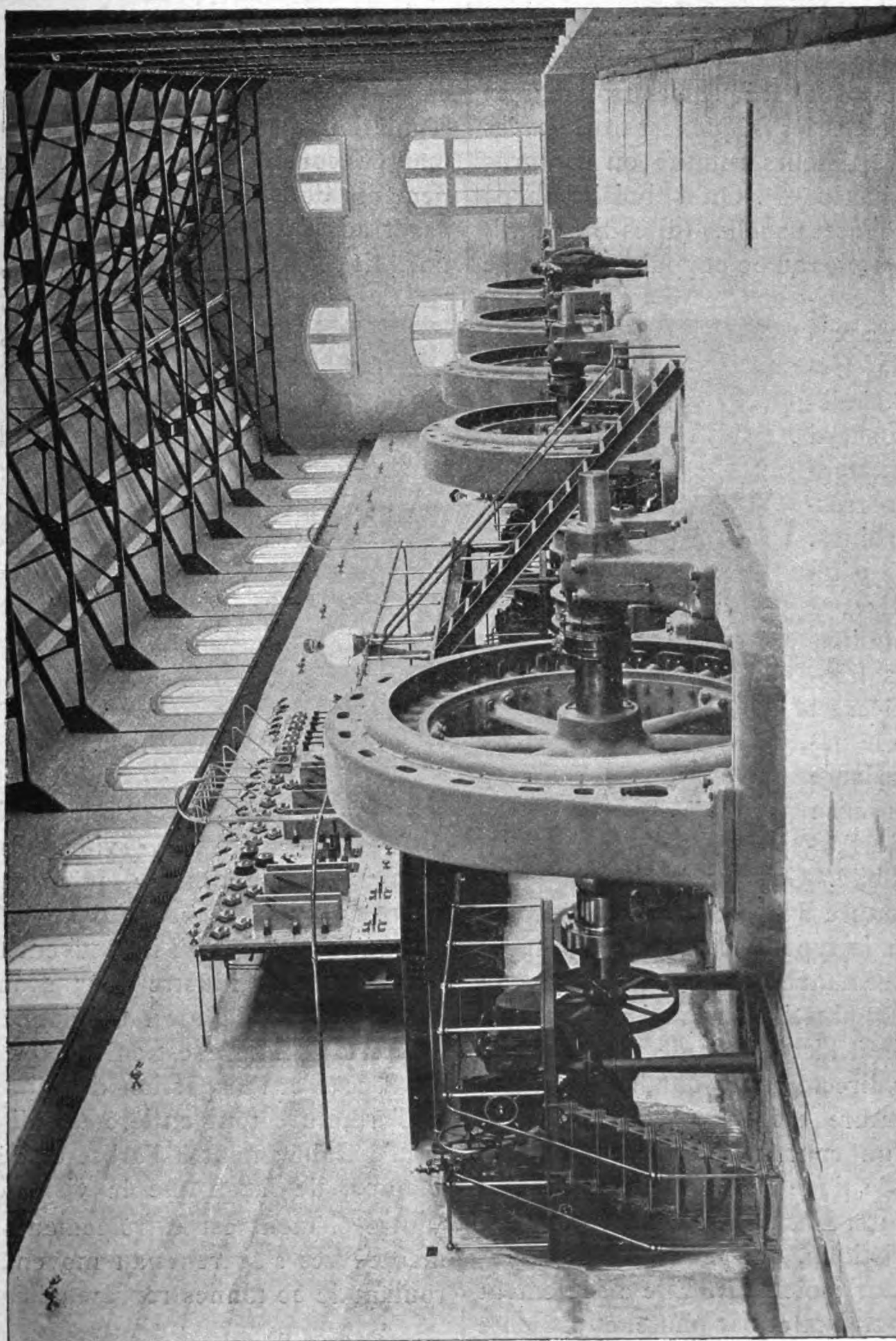


Fig. 16. — Intérieur de la station. Chambre des machines.

le premier, mais encore suffisamment rapide, pour compenser les variations déjà amorties transmises aux excitatrices par une variation de la charge des générateurs.

ALTERNATEURS. — Ceux-ci sont des générateurs triphasés de la General Electric C° de 750 kilowatts à la vitesse de 114 tours par seconde. Leur fréquence a été choisie en con-

sidération du travail qu'ils devaient faire. Comme ils doivent alimenter des lampes, des moteurs synchrones et des convertisseurs rotatifs à Mechanicville et des moteurs d'induction dans des installations réceptrices futures, on a rejeté les fréquences trop basses pour la lumière, et les fréquences trop élevées pour les convertisseurs rotatifs ou les gros moteurs d'induction [1]. On a choisi d'abord entre les fréquences usuelles (dites Standard) en ce pays 40 cycles ou 60 et pour la meilleure opération des convertisseurs on a pris 40 ; mais la fréquence a été abaissée un peu plus tard à 38 pour accommoder les constructeurs de turbines. Le nombre de *pôles* est donc 40. Ils sont formés de laminations de fer solidement assemblées et boulonnées à la périphérie d'une large poulie qui tourne au milieu de l'armature immobile. Ce type à champs tournants et armature fixe est meilleur mécaniquement que le type à armature tournante; il est extensivement en usage maintenant aux États-Unis. De plus, il a permis ici d'apporter un grand soin à l'isolement de l'armature et de l'enrouler directement pour haut voltage.

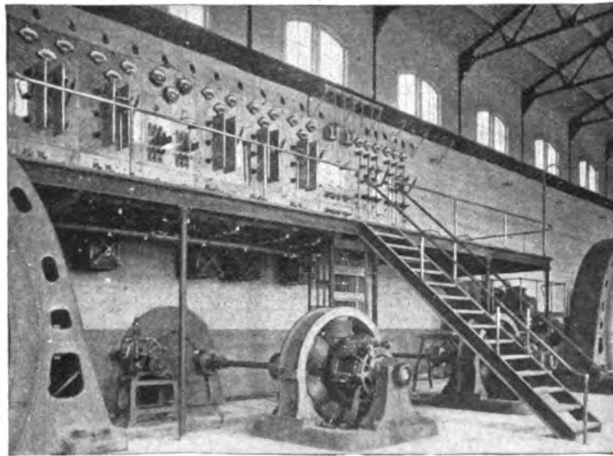


Fig. 17. — Excitatrices et tableaux de distribution.

Bref l'armature est immobile et produit directement un courant à 12 000 volts, qui est envoyé à la ligne sans l'intermédiaire de transformateurs. L'armature a encore un autre trait caractéristique, qui permet de lui assurer un meilleur isolement. Elle a seulement une bobine par flux et par phase, et présente le minimum de ces croisements de bobines entre elles qui rendent l'isolement si difficile. Il en résulte que l'enroulement, moins réparti et plus concentré pour le même voltage, a une plus grande self-induction, et cette circonstance favorise l'opération des générateurs en parallèle qui est de toute nécessité. Leur régulation demeure cependant assez élevée, mais ces considérations appellent des développements dans lesquels je ne veux pas m'engager aux dépens du reste. Je citerai encore un trait capital de ces générateurs, c'est leur faible densité magnétique, dont l'avantage en telle occurrence est évident : elle permet la création d'un supplément de voltage donné avec un bien moindre supplément d'excitation : soit que les volts reçus soient réduits par une excessive perte en ligne, ou qu'ils le soient par une diminution de vitesse irrémédiable de turbines. Je renvoie, pour le reste, à la figure 15 représentant un des générateurs et aux autres figures où ils peuvent apparaitre.

La figure 15 illustre deux avantages pratiques de ces machines. La plaque inférieure gauche d'armature est enlevée pour permettre l'accès et l'inspection des enroulements. L'armature tout entière est glissée sur sa base parallèlement à l'arbre et découvre les champs, de façon que la visite de l'un ou l'autre élément est extrêmement facile. Ces manœuvres s'opèrent au moyen d'un pont roulant de 20 tonnes représenté figure 10.

Excitatrices. — Les excitatrices sont des générateurs de 100 kilowatts à 6 pôles 125 volts, du type Standard General Electric, très répandu aux Etats-Unis. La vue 17 de la station génératrice les représente couplés

[1] Je développerai dans un prochain article les difficultés qui surviennent d'une fréquence élevée par convertisseurs.

à l'arbre de leurs turbines de part et d'autre de l'escalier qui donne accès au tableau de distribution, et on voit près de cet arbre le régulateur de vitesse Snow.

Ceci complète la description de l'usine génératrice. Dans un très prochain article j'examinerai les intermédiaires de transmission, c'est-à-dire les tableaux de distribution et la ligne, enfin l'usine réceptrice et sa régulation. J.-W. Blackstone.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Condensateur C.-S. Bradley au stéarate de plomb (1).

M. Bradley, qui étudie avec beaucoup de soin la question des condensateurs, vient de breveter un condensateur dont le diélectrique est un stéarate de plomb. Ce corps, débarrassé de l'eau et des diverses impuretés qu'il

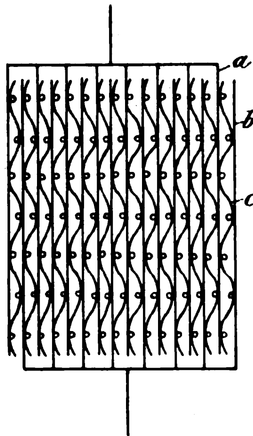


Fig. 1.

peut contenir, aurait une capacité inductive spécifique de 74, c'est-à-dire peu inférieure à celle de la glace et environ quinze fois plus grande que celle du mica.

Pour employer le diélectrique sous des couches aussi peu épaisses que possible sans craindre de court-circuit entre les feuilles d'étain des armatures opposées, M. Bradley propose d'étendre le diélectrique sur de la gaze ou une étoffe quelconque à mailles assez larges et de le presser ensuite avec un rouleau.

Le condensateur une fois constitué est porté à une température suffisante pour fondre le stéarate de plomb. On obtient ainsi des appareils qui offrent une assez grande résistance à la tension.

La figure indique une forme de construction du condensateur assez commode en pratique. C. F. G.

(1) Brevet anglais n° 10652, 1 figure, déposé le 10 mai 1898, délivré le 30 juillet 1898.

Frein électromagnétique Helios à courants de Foucault et frottements combinés (1).

Le nouveau frein de l'Elektrizitæts-Aktiengesellschaft Helios est applicable aux chemins de fer et particulièrement aux voitures électriques. Il consiste en un frein électromagnétique à courants de Foucault dans lequel les parties constitutives produisent l'une contre l'autre un frottement qui ajoute son action à celle des courants induits. Ces courants agissent seuls d'abord quand la vitesse est grande, le frottement n'a lieu que lorsque la vitesse est descendue au-dessous d'une certaine valeur. Le frottement n'agissant que pendant un temps assez court et lorsque la vitesse est faible, les parties frottantes ne se détériorent pas.

La première partie se compose (fig. 1) d'un système d'électro-aimants placés concentriquement à l'axe A de la voiture et maintenu en arrêt par un levier coudé W fixé au châssis et une entaille. Le reste est formé des bobines excitatrices S, des pièces polaires M et

(1) Brevet allemand 96582, Helios Elektrizitæts-Aktiengesellschaft.

d'un disque B sur lequel sont fixés les électros. Les bobines sont enveloppées de tôle et protégées aussi contre les poussières et l'humidité; lorsque le courant les traverse, elles forment alternativement un champ positif et un champ négatif.

La seconde partie de l'appareil est constituée par une armature de fonte D calée sur l'axe. Une boule K est vissée sur D et sert de caisse à un ressort F qui s'appuie, d'une part, sur un anneau R fixé à l'axe et, d'autre

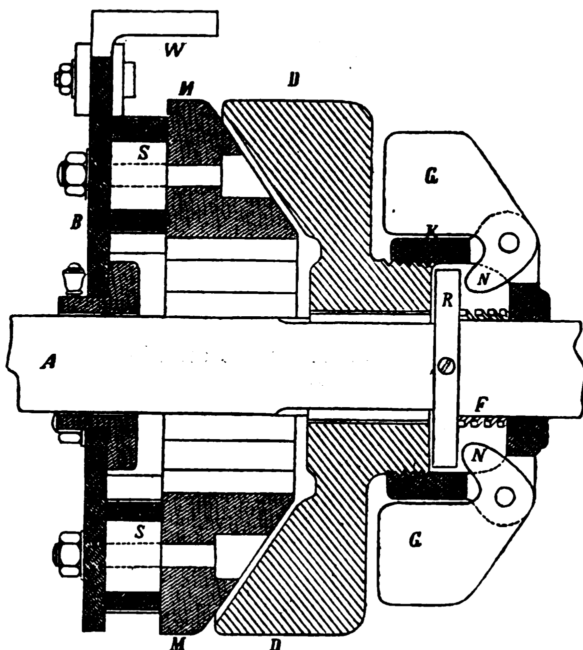


Fig. 1. — Coupe longitudinale du frein Helios.

part, contre le fond de la boîte K. L'action du ressort consiste donc à écarter les pièces D et M. En outre, la boîte K porte deux masses G munies d'un saillant N, la force centrifuge en écartant ces masses de l'axe fait presser le saillant N sur l'anneau R et contribue encore à écarter D et M; ces deux pièces sont alors séparées par un intervalle de quelques millimètres.

Au contraire, l'attraction magnétique produite par les pièces polaires tend à rapprocher D et M. Ces différentes forces sont telles que l'attraction magnétique l'emporte sur l'action du ressort F, quand les masses G n'agissent pas; mais ne peut plus le faire si la force centrifuge écarte ces masses.

A l'arrêt, tant que les bobines S ne sont pas excitées, les pièces polaires n'ont pas de magnétisme et l'armature D en est écartée par le ressort. Mais si le courant circule, les électros attirent l'induit, malgré le ressort F, et établissent aussi un contact intime entre D et M, produisant une résistance de frottement considérable.

En marche, l'axe entraîne l'armature D dans son mouvement de rotation et il ne se produit aucune résistance; mais dès que le courant passe, les courants de Foucault résultant de la rotation de l'armature, font naître une résistance électromagnétique; la vitesse diminue et par suite l'action des masses G. A un certain moment, l'attraction magnétique l'emporte et l'armature vient au contact des pièces polaires; le frottement arrête complètement le mouvement.

Cette disposition qui peut s'appliquer à tous les cas est avantageuse lorsqu'il s'agit de voitures électriques parce que la source électrique est toute trouvée. G. G.

Voltmètres et ampèremètres Heap pour courants alternatifs [1].

La figure 1 représente la disposition, et la figure 2 la forme extérieure d'un voltmètre de ce système construit par la maison Elliott-Bros, de Londres. MM est un électro-aimant à noyau en fer laminé; pour les instruments d'usage courant la section est de 3 cm², la longueur de ses branches de 8 cm et celle de sa culasse de 6 cm; le poids total du fer du circuit magnétique est d'environ 675 grammes. La culasse est fixée aux branches au moyen de deux vis, ce qui permet de l'enlever facilement afin de pouvoir mettre en place ou retirer les bobines de l'électro-aimant. Entre les pièces polaires est placé un

[1] *The Electrical Review* (Londres), t. XLIII, p. 489, 23 septembre 1898.

noyau de fer doux cylindrique M' laissant un entrefer de 2 mm. Dans cet entrefer est logé le fil d'une bobine C montée sur pivots et qu'un ressort ou la pesanteur ramène dans une position d'équilibre déterminée; l'axe de la bobine porte une aiguille mobile sur un cadran divisé.

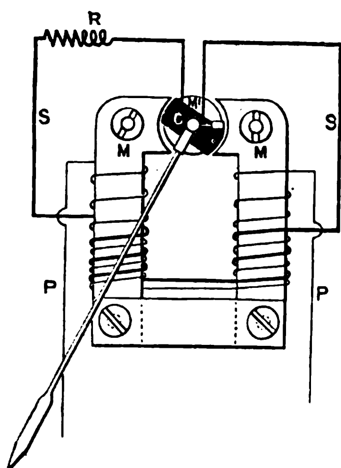


Fig. 1. — Disposition du voltmètre Heap pour courants alternatifs.

Sur les branches de l'électro-aimant sont enroulés les fils de deux circuits PP et SS. Le premier circuit est connecté aux points du circuit principal entre lesquels on veut mesurer le voltage ; c'est le circuit d'excitation de l'électro-aimant. Le second circuit SS comprend la bobine mobile C et une résistance ajustable R. Ce circuit est parcouru par des courants induits et la bobine dévie d'un angle dépendant de l'intensité de ces courants et par suite du voltage entre les extrémités du circuit PP.

La construction de l'ampèremètre est analogue. Le circuit PP peut être placé directement en série sur le circuit principal ; on doit alors nécessairement prendre un gros fil ne faisant qu'un petit nombre de tours sur l'électro-aimant. Ou bien on peut prendre un fil fin comme dans le voltmètre, ce fil constituant alors le secondaire d'un transformateur dont le primaire est traversé par le courant à mesurer.

Des essais faits sur un voltmètre de ce système ont montré que les déviations de l'aiguille sont rigoureusement proportionnelles aux différences de potentiel efficaces pour des courants dont les courbes et les fréquences

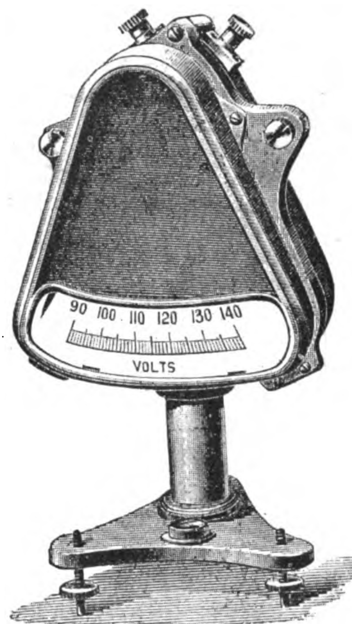


Fig. 2. — Vue du voltmètre.

étaient très différentes. Les résultats de ces essais sont indiqués dans le tableau ci-joint. La première colonne donne les déviations de l'aiguille exprimées en divisions de l'échelle. La seconde, la différence de potentiel correspondante lorsque le courant était pris sur le circuit de distribution d'un des réseaux de Londres ; le nombre des alternances était de 83. La troisième et la quatrième les différences de potentiel correspondantes, le courant étant fourni par un alternateur et la fréquence étant 83 ou 43. On voit que les nombres d'une même ligne des trois dernières colonnes diffèrent à peine entre eux. Ceci montre que, pour une même différence de potentiel, les indications de l'instrument ne sont pas affectées par un changement dans la forme du courant, ni dans le nombre des alternances. En portant le nombre de la première colonne en abscisses, ceux des trois autres en ordonnées, on obtient une courbe qui à partir du point correspondant à 25 volts,

se confond presque rigoureusement avec une droite; il en résulte que, comme il a été dit, les déviations sont proportionnelles aux différences de potentiel, du moins à partir de 25 volts.

Tableau I

DIVISIONS de l'échelle.	VOLTS CORRESPONDANTS		
	Réseau 83 v.	Alternateur 83 v.	Alternateur 43 v.
5,9	0	0	0
8,4	10	10,1	10
11,6	20	20	20
15	30	30	30
20,4	40,1	39,91	40
25,2	50	50,1	50
30,6	60	60	60
36	70,1	70	70
42	80	80	80
47,5	90	90	90
53,2	100,1	99,9	100
58,5	110	110	110,15
63,5	120	120	120

Un avantage revendiqué en faveur de ces instruments est qu'ils peuvent facilement être utilisés pour plusieurs séries de valeurs de la différence de potentiel ou de l'intensité. Dans le voltmètre il suffit de diviser l'enroulement PP en plusieurs sections dont les extrémités aboutissent à des bornes pouvant être reliées entre elles ou au circuit principal de manière à pouvoir utiliser une ou plusieurs sections. Dans l'ampèremètre il suffit également de diviser les transformateurs dont le circuit PP constitue le secondaire en plusieurs transformateurs. J. R.

La fabrique de carbure de calcium d'Ingleton (Angleterre).

Cette usine, bien que peu puissante à l'heure actuelle, mérite d'être signalée en raison des fours à carbure qui y sont employés; ils sont du système Pictet, modifié.

On se souvient [1] que M. Raoul Pictet, reprenant une idée de M. Crompton, avait proposé un four dans lequel la matière à traiter était portée à une haute température par des procédés ordinaires avant d'être soumise à l'arc électrique, afin de diminuer la dépense de courant. Pour obtenir ce résultat, il avait imaginé un four de grande hauteur complètement rempli du mélange de chaux et de charbon; la zone supérieure était allumée et la combustion était entretenue par une soufflerie d'air; la matière ainsi échauffée était ensuite soumise à l'action d'un chalumeau oxhydrique, puis passait enfin entre les charbons de l'arc.

En parlant de ce projet, nous avions fait ressortir les nombreuses difficultés qui s'opposaient à sa réalisation. M. R. Pictet a dû s'en convaincre, car il a abandonné complètement sa première idée pour employer simplement un four beaucoup plus rationnel utilisant la chaleur perdue, comme on peut s'en rendre compte d'après la description suivante, très incomplète, que nous empruntons à un article de M. F.-J.-A. Matthews, dans *The Electrician* [1].

Les fours (fig. 1 et 2) sont au nombre de deux, absorbant chacun 2 000 ampères environ; un seul est utilisé; l'autre sert de réserve. Ils sont formés d'une partie intérieure, ou four proprement dit, ayant la forme d'un parallélipipède droit, haut de 90 cm environ et dont la base carrée a 60 cm de côté; cette partie est construite en briques de bauxite; elle est enveloppée par une paroi en briques réfractaires. A l'avant, entre les deux cloisons, un feu peut être allumé lors de la mise en marche.

Les charbons ont une section carrée de 6 pouces (16,24 cm) de côté; le charbon négatif est incliné à 30° et le charbon positif, horizontal, peut avancer au moyen d'une vis et d'un curseur (fig. 3). A leur entrée

(1) Voir *L'Éclairage à l'acétylène*, par G. Pellissier, G. Carré et C. Naud, éditeurs.

(1) *The Electrician*, 9 septembre 1898, p. 643.

dans le four, les deux charbons sont entourés par une chambre en tôle de fer à circulation d'eau; une enveloppe d'eau est aussi disposée autour de la douille en cuivre qui sert à réunir le câble et le charbon. Une bonne circulation d'eau est maintenue au

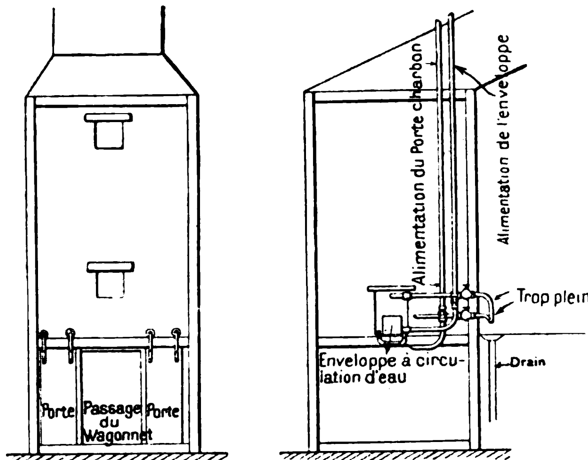


Fig. 1 et 2. — Fours à carbure de calcium, système Raoul Pictet, à l'usine d'Ingleton; vue de face et coupe transversale.

moyen de réservoirs placés dans une chambre élevée; pour éviter les courts-circuits, les chambres à eau de chaque charbon sont alimentées par des réservoirs séparés qui sont

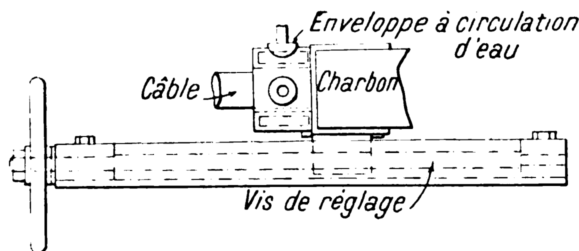


Fig. 3. — Détail du porte-charbon positif du four Pictet.

supportés sur des charpentes en bois, et le trop-plein s'écoule dans un drain placé sensiblement plus bas; chacun des tuyaux, alimentation et trop-plein, est muni d'un robinet pour régler le débit; aucun des tuyaux n'est complètement métallique; une section en caoutchouc de 15 cm de long a été ménagée sur chacun d'eux.

Chaque four est construit sur une fondation en briques ordinaires, dans laquelle peut pénétrer un wagonnet qui reçoit le carbure en fusion.

En même temps que le carbure, une grande quantité d'oxyde de carbone s'échappe du four; il est recueilli et conduit, autour du four, entre les deux parois en bauxite et en briques réfractaires, jusqu'au sommet du four où les gaz chauds sont utilisés. Depuis le sommet du four proprement dit jusqu'à une chambre placée au-dessus, est disposé un tuyau en fer incliné à 25°, perforé à sa partie supérieure pour permettre aux gaz chauds de s'échapper; il est enveloppé dans un tuyau en briques réfractaires qui conduisent les gaz à la cheminée; le tube en fer est prolongé jusqu'aux parois extérieures de l'enveloppe du four où il est fermé par une porte servant à introduire le mélange à traiter. Le feu allumé à l'avant du four lors de la mise en marche a pour but d'assurer le tirage au début.

Les gaz chauds qui s'échappent du four servent ainsi à échauffer le mélange de chaux et de charbon avant qu'il soit soumis à l'action de l'arc. Ce mélange est comprimé sous forme de briquettes d'environ 5 cm de côté, afin de ne pas altérer l'arc et aussi pour permettre un passage plus libre aux gaz chauds qui s'échappent.

Lorsque le four est en pleine marche, la résistance varie énormément, comme dans la plupart des fours à fusion; dans une opération qui dura dix minutes, l'intensité sauta dix-sept fois de 800 à 2 500 ampères.

La dynamo a donc été construite pour permettre ces variations de charge. Sa puissance est de 120 kw (60 volts et 2 000 ampères), à 425 tours par minute, mais elle peut supporter une surcharge temporaire de 50 p. 100; elle est du type tétrapolaire avec circuit magnétique inducteur en fonte d'acier, induit denté à enroulement en tambour; les conducteurs de l'armature sont des câbles comprimés de Crompton. Le commutateur a 68 sections. Pour diminuer les étincelles aux balais, on a apporté un soin parti-

culier à déterminer la valeur de l'entrefer et la forme des épanouissements polaires; en outre, une fente de 32 mm de largeur et de toute la longueur des pièces polaires a été pratiquée dans chaque électro et chaque pôle, et a été prolongée dans la culasse des inducteurs, à angle droit avec la lamination de l'armature. Les balais, au nombre de seize, sont disposés en quatre rangées de quatre chacune; leur calage est effectué au moyen d'un engrenage hélicoïdal. L'armature complète pèse environ 355 kg. Le poids total de la machine entière est de 7 tonnes.

La force motrice est fournie par une roue hydraulique de 9 m de diamètre; pendant les sécheresses, deux moteurs compound à condensation peuvent être employés.

Le tableau de distribution principal consiste en une plaque d'ardoise émaillée sur laquelle sont montés : un voltmètre de 30 cm de diamètre, gradué jusqu'à 75 volts; un ampèremètre de même dimension, gradué jusqu'à 2 500 ampères et permettant de lire de 20 en 20 ampères; des plombs fusibles bipolaires, un rhéostat de réglage de la dynamo, un commutateur pour chaque four complètent l'appareillage du tableau. Les conducteurs principaux sont formés par des câbles en fils fins, d'une section totale utile de 19,36 cm² et comprimés sous forme d'un rectangle de $6,35 \times 5,08$ cm; ils sont conduits le long du sol, sur des isolateurs, et lorsqu'ils s'élèvent vers les charbons, dans le four, ils sont suspendus au plafond.

La Compagnie, qui porte le nom d'Ingleton Carbide Company, a été formée par M. James Carter, de Blackburn, marchand de charbon en gros et possesseur de carrières à chaux.

Le matériel électrique a été fourni par MM. Ashton, Frost et C°, de Blackburn.

G. P.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

De l'énergie d'un champ magnétique;

Par H. Pellat [1].

« J'ai montré précédemment [2] comment on devait rectifier l'expression admise de l'énergie d'un système électrisé, en tenant compte de la quantité de chaleur que le milieu prend ou cède à l'extérieur pour maintenir sa température constante pendant la charge. Une rectification analogue s'impose pour le champ magnétique. Dans le cas d'aimants permanents seuls, on est conduit, par les mêmes raisonnements, à une expression de l'énergie identique à celle du champ électrique.

$$\left[U_T = \frac{1}{2}\sum MV - \frac{T}{2}\left(\frac{\partial \Sigma MV}{\partial T}\right)_M\right].$$

Je vais traiter ici directement deux autres cas.

» Supposons d'abord le champ produit par des courants fermés placés dans un milieu homogène ou hétérogène, de perméabilité quelconque mais indépendante du champ et sans aimantation résiduelle, de façon que le champ devienne nul quand les courants ont une intensité nulle. *L'énergie du champ magnétique* est ici, par définition, l'excès d'énergie du milieu dans l'état où les courants ont les intensités considérées sur l'état où les intensités sont nulles, toutes les autres

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 507, 10 octobre 1898.

(2) De la variation de l'énergie dans les transformations isothermes. De l'énergie électrique. *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 699, 1897. *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 425, 27 novembre 1897. *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 18, 1898.

conditions, la température en particulier, étant les mêmes.

» Cette énergie dépend de la position, de la forme, de l'intensité des courants, ainsi que de la perméabilité des diverses régions, mais ne dépend pas de la résistance des conducteurs qui règle seulement la quantité de chaleur que le milieu extérieur doit enlever pour maintenir la température constante. Pour avoir des phénomènes réversibles, nous pouvons donc supposer le cas limite où la résistance de tous les circuits serait nulle. Nous supposerons, en outre, que les courants sont fournis par un électromoteur fondé sur l'induction, placé dans chaque circuit et mis en mouvement par une force extérieure au système considéré (sa force électromotrice sera nulle en dehors de la période variable).

» Pour simplifier l'exposé, je me bornerai d'abord au cas de deux courants seulement. Soient L_1, L_2 et M les coefficients de self-induction et d'induction mutuelle de ces circits; i_1 et i_2 les intensités au temps x des courants que nous allons faire varier depuis une valeur nulle jusqu'aux valeurs constantes I_1 et I_2. Comme pour avoir la variation d'énergie entre ces deux états peu importe les états intermédiaires, nous supposerons les circuits fixes et que i_1 et i_2 sont données par les expressions

$$\frac{i_1}{I_1} = \frac{i_2}{I_2} = 1 - e^{-ax} = \zeta, \qquad (1)$$

ce qui est toujours possible en faisant tourner avec une vitesse convenable les électromoteurs; ces relations donnent $i_1 = i_2 = 0$ pour $x = 0$ ou $\zeta = 0$ (état initial) et $i_1 = I_1$, $i_2 = I_2$ pour $x = \infty$ ou $\zeta = 1$ (état final). En désignant par E_1 et E_2 les forces électromotrices au temps x des deux électromoteurs, les lois de l'induction fournissent alors les relations

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= L_1 \frac{di_1}{dx} + M \frac{di_2}{dx} = (L_1 I_1 + M I_2)\, a e^{-ax} \\ &= (L_1 I_1 + M I_2)\, a (1 - \zeta), \\ E_2 &= M \frac{di_1}{dx} + L_2 \frac{di_2}{dx} = (M I_1 + L_2 I_2)\, a e^{-ax} \\ &= (M I_1 + L_2 I_2)\, a (1 - \zeta). \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

» Pendant le temps dx, le travail $-dW$ des forces extérieures, qui se réduit au travail des forces nécessaires pour actionner les électromoteurs, est donné par

$$-dW = (E_1 i_1 + E_2 i_2)\, dx = A \zeta d\zeta, \qquad (3)$$

en posant, pour abréger l'écriture,

$$A = L_1 I_1^2 + 2 M I_1 I_2 + L_2 I_2^2. \qquad (4)$$

» Considérons maintenant l'état du système comme dépendant des deux variables indépendantes ζ et T (température absolue supposée uniforme), les intensités I_1 et I_2 étant indépendantes de T, mais les coefficients L_1, L_2, M et, par conséquent, A en dépendent, soit à cause des dilatations, soit à cause de la variation de la perméabilité avec la température. Pour une variation $d\zeta$, dT, soient dQ la quantité de chaleur prise ou cédée au milieu extérieur par le système, dU la variation d'énergie et dS la variation d'entropie de celui-ci. Posons

$$dQ = c\, dT + b\, d\zeta, \qquad (5)$$

d'où, d'après (3) et (5),

$$dU = J\, dQ - dW = J c\, dT + (J b + A \zeta)\, d\zeta, \qquad (6)$$

et, puisque les phénomènes sont réversibles,

$$dS = \frac{c}{T} dT + \frac{b}{T} d\zeta. \qquad (7)$$

» Ecrivons, à la façon habituelle, que dU et dS sont des différentielles exactes, il vient

$$J \frac{\partial c}{\partial \zeta} = J \frac{\partial b}{\partial T} + \frac{\partial A}{\partial T} \zeta, \qquad \frac{1}{T} \frac{\partial c}{\partial \zeta} = \frac{1}{T} \frac{\partial b}{\partial T} - \frac{b}{T^2}, \qquad (8)$$

d'où par élimination

$$b = -\frac{T}{J} \frac{\partial A}{\partial T} \zeta. \qquad (9)$$

» Ainsi b n'est pas nul en général, et l'on voit, par la relation (6), que, pour maintenir la température constante, il faut, suivant le signe de b, ou fournir de la chaleur au système ou lui en retirer quand les intensités des courants varient. Si la transformation est

adiabatique, la variation de l'intensité des courants fera varier la température du milieu soumis au champ magnétique.

» D'après (6) et (9) la variation élémentaire d'énergie à température constante dU_T est donnée par

$$dU_T = \left(A - T\frac{\partial A}{\partial T}\right) \zeta d\zeta. \qquad (10)$$

D'où, pour la variation U_T de l'énergie quand chaque courant passe de l'intensité nulle à l'intensité constante, ou ζ de o à 1 :

$$U_T = \left(A - T\frac{\partial A}{\partial T}\right)\int_0^1 \zeta d\zeta = \frac{1}{2}\left(A - T\frac{\partial A}{\partial T}\right), \qquad (11)$$

U^T est précisément ce qui a été appelé l'*énergie du champ magnétique*. En remplaçant A par sa valeur (4) il vient

$$U_T = \frac{1}{2}\left(L_1 - T\frac{\partial L_1}{\partial T}\right) I_1^2 + \left(M - T\frac{\partial M}{\partial T}\right) I_1 I_2 + \frac{1}{2}\left(L_2 - T\frac{\partial L_2}{\partial T}\right) I_2^2. \qquad (12)$$

» Un raisonnement identique au précédent montre que, pour un nombre quelconque de courants, on a

$$U_T = \frac{1}{2}\sum\left(L - T\frac{\partial L}{\partial T}\right) I^2 + \sum\left(M_{ij} - T\frac{\partial M_{ij}}{\partial T}\right) I_i I_j. \qquad (13)$$

» Supposons maintenant le cas où le champ est constitué à la fois par des aimants permanents et par des courants fermés, dans un milieu de perméabilité indépendante du champ. Le raisonnement précédent montre que la grandeur U_T donnée par les expressions (12) ou (13) représente encore ici l'accroissement d'énergie à température constante qu'éprouve le système quand les courants passent d'une intensité nulle à leurs intensités définitives. Il en résulte immédiatement que l'énergie totale du champ est la somme des énergies que donneraient les aimants s'ils étaient seuls et les courants s'ils étaient seuls. »

Variations de la résistance électrique produite par la traction ;

Par M. Cantone [1].

Les recherches faites sur les variations de la résistance due à la traction, ont donné des résultats concordants dans les lignes générales; mais quantitativement l'accord laisse à désirer.

Tomlinson [2] a étudié à fond la question, non seulement en faisant croître la tension, mais aussi en faisant agir des forces capables d'altérer l'arrangement des molécules, en particulier de produire un allongement permanent. Après avoir étudié l'élasticité des substances, il a examiné les variations de résistance avec le poids tenseur, il a déduit de là qu'il y a proportionnalité entre les allongements et les variations de résistance. Mais dans le cas d'allongement permanent, on ne peut plus utiliser le coefficient d'élasticité résultant de l'action de faibles forces, car on ne sait si ce coefficient reste le même. Aussi les recherches qui font l'objet de cette communication ont-elles été exécutées en mesurant les variations de la résistance et les allongements correspondants, pour un même poids tenseur.

Les métaux employés sont l'argent d'abord, puis le nickel; la méthode est celle du pont; deux côtés sont formés par deux bobines de fil d'argent de un ohm chacune, les deux autres sont constitués par deux fils d'argent tendus verticalement, l'un servant pour la comparaison et l'autre étant soumis à des charges variables. Les deux sommets du pont, formés l'un par les deux fils et l'autre par les deux bobines, sont réunis par un galvanomètre Deprez-d'Arsonval; l'autre diagonale contient un couple Bunsen.

Les variations de résistance se mesuraient au moyen de la déviation galvanométrique, comparée à celle produite en insérant dans le

(1) *Atti della Reale Accademia dei Lincei*, t. VI, 1er semestre, p. 175.

(2) *Phil. Trans. of the Roy. Soc.*, Part. I, 1883.

côté qui contient le fil variable, une petite bobine de 0,0102 ohm.

Pour mesurer les allongements, on a soudé aux deux fils, vers la même hauteur, deux bandes de laiton auxquelles sont fixées deux lames de verre contenant, l'une une graduation en millimètres et l'autre un trait de repère. On regarde le système avec une lunette à micromètre oculaire.

Le fil de comparaison porte un poids fixe de 2,8 kg, l'autre une charge fixe de 1,8 kg, plus un certain nombre de masses de 0,2 kg qui constituent la charge variable.

La proportionnalité entre les forces et les allongements correspondants a lieu presque exactement; il en est de même pour les variations de résistance et les forces. Mais au delà d'une certaine limite de charge, il n'en est plus ainsi. Soit r la résistance et l la longueur; le rapport $\frac{\frac{\Delta r}{r}}{\frac{\Delta l}{l}}$ est à peu près constant. Pour vérifier cette loi avec plus d'exactitude, l'auteur a construit les courbes d'allongement et de résistance; pour le passage de 0 à 3 600 gr et le passage inverse, on obtient deux arcs à légère courbure; la courbe des charges croissantes est concave vers l'axe des déformations et l'autre courbe est convexe.

Enfin, en répétant ces expériences, après avoir produit des déformations permanentes, on observe encore, dans les différents cycles accomplis, la proportionnalité entre les variations de résistance et les allongements.

Les expériences exécutées avec le nickel non recuit ont montré l'anomalie observée par Tomlinson. Quand le poids tenseur augmente, il y a d'abord diminution de la résistance, puis augmentation; il y a un minimum de r. G. G.

Capacité de polarisation des feuilles métalliques très minces;

Par G.-P. Grimaldi et G. Platania [1].

Afin d'éviter les phénomènes de pénétration des charges et de dissipation spontanée de la polarisation, les auteurs ont étudié la capacité de polarisation correspondant à un temps de charge très petit et déterminé.

L'interrupteur est analogue à celui employé dans les expériences de Blondlot [2]; c'est un pendule qui permet d'expérimenter avec des durées de charge d'un millième de seconde. A l'extrémité inférieure est une barre de laiton, fendue en deux parties, qui sert à maintenir, au moyen de vis, des ressorts d'acier. Au-dessous, une plate-forme de laiton peut se déplacer perpendiculairement au plan d'oscillation, s'élever ou s'abaisser, ou enfin tourner autour d'un axe vertical; elle supporte la pièce de contact, c'est-à-dire une plaque d'ébonite de 1,5 cm d'épaisseur sur laquelle sont placées normalement au plan d'oscillation des bandes d'ébonite et de cuivre alternées, de même épaisseur, de façon à former un plan; les deux lames extrêmes sont en ébonite et taillées en biseau. Ces bandes sont maintenues par deux barres de fer et des vis isolées électriquement.

La fermeture du circuit est produite par le passage du ressort d'acier fixé à la partie inférieure du pendule sur les bandes de cuivre.

Ces bandes de cuivre n'ont pas la même largeur dans toute leur étendue; cela permet, en avançant ou reculant la tablette, de faire varier la durée du contact.

Afin que le pendule parte toujours d'une position déterminée, il est maintenu par un fil métallique flexible qui passe sur une poulie et est fixé à un écrou. Le déplacement de cet écrou le long d'une vis fixe permet d'amener la lame d'acier du pendule entre deux raies

(1) *Atti del Acc. Gioenia de Catane*, vol. X, 4e série, 1897.

(2) *Journal de Physique*, 1re série, t. X, 1897.

tracées sur une plaque fixe. En coupant le fil avec une pince on met le pendule en mouvement, l'allongement du fil au moment où l'on coupe est négligeable. Le pendule revient à sa position initiale à la fin de chaque oscillation, et la lame de contact ne subit pas de déformation permanente.

Le temps t de fermeture du circuit est donné par la formule

$$t = \frac{T}{180}\left(\text{arc cos}\,\frac{x}{a} - \text{arc cos}\,\frac{x'}{a}\right)$$

T durée d'oscillation.

a, x, x' angles d'écart du pendule de sa position d'équilibre, au commencement de l'oscillation, au commencement et à la fin de la fermeture.

D'après les auteurs, les erreurs que l'on peut commettre dans les mesures de ces quantités ne correspondent même pas à 1 dix-millième de seconde d'erreur sur la valeur de t.

Pour exécuter les expériences, on chargeait le voltamètre en fermant, pendant un temps déterminé, un circuit qui contenait une pile et une résistance, de self-induction négligeable. La force électromotrice de polarisation était déterminée par la fermeture du voltamètre sur un galvanomètre balistique et une résistance, de self-induction négligeable et qui était assez grande pour permettre de négliger la diminution de force électromotrice du voltamètre produite pendant la fermeture.

Les lames d'or brunies, d'épaisseur 0,09 mm, étaient, avant l'immersion dans le voltamètre, polies à l'émeri très fin, lavées à l'acide azotique bouillant et ensuite rincées à l'eau distillée. Les feuilles d'or étaient tendues sur des fils fins du même métal, recouverts d'une couche isolante interrompue en quelques points pour établir le contact. L'épaisseur moyenne de ces feuilles était de 10^{-4} mm. Dans chaque série d'expériences, on prenait le plus grand soin pour que les surfaces des feuilles et des lames fussent égales.

Il résulte des expériences que, si on laisse constante la force électromotrice polarisante, pour des temps de charge très petits, la force électromotrice de polarisation des feuilles est plus petite que celle des lames, contrairement à ce qui se produit pour des temps de charge longs. Quand le temps de charge augmente, la différence entre les forces électromotrices de polarisation des lames et des feuilles diminue; elles deviennent égales pour une durée déterminée, puis, au delà de cette valeur, la force électromotrice de polarisation des feuilles devient supérieure à celle des lames. Les deux tableaux suivants donnent les résultats moyens d'un grand nombre d'observations : la surface des électrodes est de 7,75 cm^2; dans le premier tableau la résistance du circuit de charge était de 425 ohms; dans le second de 100.

L force électromotrice de polarisation pour les lames, en prenant comme unité celle de la pile.

F, force électromotrice des feuilles.

$\frac{L}{F}$, rapport des forces électromotrices.

t, temps de charge en secondes.

TABLEAU I

t	L	F	L/F
0,0022	0,045	0,033	1,36
0,0047	0,084	0,068	1,23
0,011	0,170	0,139	1,22
0,021	6,260	0,224	1,16
0,054	0,434	0,377	1,14
0,147	0,546	0,526	1,03
0,295	0,606	0,605	1

TABLEAU II

t	L	F	L/F
0,00095	0,089	0,059	1,50
0,0022	0,192	0,137	1,40
0,0047	0,297	0,233	1,30
0,011	0,422	0,328	1,29
0,021	0,514	0,407	1,26
0,054	0,623	0,531	1,17
0,147	0,671	0,735	0,91

Le rapport, d'abord beaucoup plus grand que l'unité, tend à lui devenir égal quand le temps de charge augmente, puis il devient moindre.

Qualitativement toutes les feuilles se com-

portent de la même façon ; mais quantitativement, le rapport $\frac{L}{F}$ varie un peu, même pour les valeurs égales de L.

Désignons par :

Q la quantité d'électricité fournie au voltamètre ;

p la force électromotrice de polarisation produite ;

Alors $\frac{Q}{p}$ exprime la capacité moyenne apparente du voltamètre entre o et *p* (¹).

Dans ces expériences, par suite de la différence de polarisation, la charge Q fournie au voltamètre à feuilles est, pour un même temps, un peu plus grande que celle fournie au voltamètre à lames ; négligeons en première approximation cette différence, l'erreur est d'autant plus faible que la force électromotrice de polarisation est moindre ; alors le rapport $\frac{L}{F}$ nous représente la capacité apparente du voltamètre à feuilles rapportée à celle du voltamètre à lames. En faisant diminuer *p* et *t*, les capacités apparentes tendent à devenir égales aux capacités initiales de charges, et les rapports $\frac{L}{F}$, pour *t* très petit, nous donnent des valeurs approximatives des rapports des capacités initiales.

D'où :

1° La capacité initiale de polarisation est beaucoup plus grande pour les feuilles que pour les lames d'or ;

2° En augmentant *t*, la capacité apparente de charge des lames augmente plus rapidement que celle des feuilles, de manière à atteindre la valeur de celle-ci et à la dépasser pour un temps suffisamment long.

Le plus grand accroissement de la capacité apparente des lames semble dû à la pénétration des charges, c'est-à-dire à la diffusion des ions à l'intérieur des électrodes, et cela montre qu'en un temps relativement court la charge traverse toute l'épaisseur des feuilles d'or.

(¹) Bouty. *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. III, octobre 1894.

En effet, lorsque *t* et Q augmentent, la quantité des ions occlus et par suite la capacité apparente du voltamètre croissent. Si pendant la durée du phénomène, la charge ne peut arriver à traverser l'épaisseur de la feuille, il semble alors probable que les lames et les feuilles doivent se comporter identiquement et que le rapport de leur capacité doit rester constant. Mais si le temps de charge est suffisant pour permettre aux ions de traverser toute l'épaisseur des feuilles, alors le rapport entre la capacité des feuilles et celle des lames doit diminuer. Il résulte des mesures rapportées ci-dessus, que les variations de ce rapport se produisent certainement au bout de un ou de deux centièmes de seconde après le commencement de la charge. Ces valeurs semblent indiquer une limite supérieure du temps employé par les ions à traverser la demi-épaisseur des feuilles, soit $0,5 \times 10^{-4}$.

Root (¹) a fait une détermination du temps employé par les ions à traverser les lames de platine. Deux voltamètres sont séparés par une lame de platine C d'épaisseur 0,02 mm. Dans chaque compartiment plonge une lame de platine (A et B). Avec l'électromètre Lippmann on détermine la différence de potentiel entre B et C, qui, au bout de plusieurs jours, est très petite. On ferme un circuit qui comprend A C et un Daniell ; on observe au bout de cinq minutes une différence de potentiel entre B et C de 0,015 volt environ, due aux gaz qui ont traversé la lame C pendant ce temps.

Quant à la différence entre les capacités initiales des feuilles et des lames, comme il s'agit de charges superficielles, il est difficile d'admettre qu'elle soit due à la différence d'épaisseur. La cause semble plutôt être dans l'état superficiel ; il serait naturel d'admettre que les feuilles sont plus poreuses et que leur surface est plus grande que celle des lames.

Cette hypothèse est d'ailleurs d'accord avec

(¹) *Poggend. Ann.*, t. CLIX, p. 416, 1876.

les conclusions d'expériences faites par Bartoli [1], Blondot [2] et Bouty.

Les expériences actuelles permettent de calculer avec une certaine approximation les valeurs absolues des capacités apparentes moyennes entre o et p, pour les différentes forces électromotrices de polarisation, et celles des capacités initiales. Il suffit de construire les courbes correspondant à t abscisse et p ordonnée. On trouve ainsi en partant du premier tableau que les capacités initiales sont 115 microfarads pour les lames et 155 pour les feuilles. Les mêmes calculs avec le deuxième tableau donnent 105 et 147, soit donc en moyenne 110 et 150.

Ces valeurs se rapportent à un voltamètre avec électrodes de 7,75 cm² de surface. Si on compare un voltamètre à un système de deux condensateurs en série, la capacité initiale k d'une électrode en microfarads et par cm² est donnée par

$$\frac{1}{C} = \frac{2}{kS}$$

S, superficie totale des faces de chaque condensateur ; 15,5 cm².

C, capacité totale du voltamètre,

$$k = \frac{2C}{S}$$

D'où, $k = 14{,}2$ microfarads pour les lames et 19,4 pour les feuilles.

Les capacités initiales ont fait l'objet d'un grand nombre de mesures, mais la plupart des expérimentateurs ont employé le platine; or, les résultats obtenus sont irréguliers à cause de la grande porosité de ce métal. Avec l'or les résultats seraient plus concordants, mais les mesures sont peu nombreuses.

Les auteurs ont admis, pour expliquer la différence entre les capacités initiales, que les feuilles d'or avaient une surface de contact supérieure à celle des feuilles. Cette différence n'influe-t-elle pas aussi sur les résultats obtenus au bout d'un certain temps de charge ?

G. Goisot.

(1) *Mem. R. Acc. dei Lincei*, série 3; v. VIII, 1880.

(2) *Journal de Physique*, 1re série, t. X, p. 444, 1881.

CHRONIQUE

Transmission électrique d'énergie dans les mines de Ziegler. — Notre confrère *The Electrician*, dans son numéro du 14 octobre, donne, d'après *Œsterreische Zeitschrift für Berg und Huttenswesen*, la traduction d'un intéressant article de M. F. Holzner sur les installations électriques des mines de Ziegler ; nous en donnons ci-dessous un résumé.

L'adoption de l'électricité comme force motrice pour les divers travaux d'exploitation de la mine a été décidée à la suite d'un essai fait avec une dynamo de 10 kilowatts et une pompe électrique centrifuge. La station centrale, érigée à la surface, est équipée d'un moteur à vapeur vertical compound de 150 chevaux, accouplé directement à une dynamo Siemens de 85 kilowatts, donnant du courant continu à 500 volts. Un câble isolé de 150 mm² de section, conduit le courant au plus profond de la mine en passant par un des puits d'aérage. Sur ce câble principal sont greffés les câbles des circuits secondaires qui transmettent l'énergie aux nombreux moteurs actionnant les machines dans trois des principaux centres d'opération.

Le circuit n° 1 alimente un moteur de 19,6 chevaux actionnant une pompe à trois pistons. Les deux machines, montées sur un bâti unique, sont accouplées par un train d'engrenages permettant d'obtenir, pour 600 révolutions par minute du moteur, une vitesse de l'arbre moteur des pistons variant de 55 à 165 tours par minute. Le train d'engrenages ainsi que les résistances de démarrage sont maintenus à une température convenable par l'air que leur envoie un petit ventilateur spécial mû par un moteur de 1/10 de cheval.

Le circuit n° 2 fournit du courant à un groupe de moteurs actionnant trois treuils, trois pompes, dont deux mobiles et une fixe, et un ventilateur. Ce der-

nier est commandé par un moteur de 5 chevaux, dont la vitesse de 1 300 tours par minute est réduite à 340 à l'axe du ventilateur par des poulies différentielles, la transmission s'effectuant par courroie. A cette vitesse, le débit d'air, à l'extrémité d'une canalisation d'environ 290 m de longueur, est de 30 m³ par minute.

Les moteurs des treuils ont une puissance de 5 à 6 chevaux chacun; leur vitesse de 1 200 tours est réduite à 214 par des transmissions qui attaquent des trains d'engrenages réducteurs adaptés au tambour et qui font faire à ces derniers 23 révolutions seulement, par minute, ce qui correspond à une vitesse d'ascension de 7,50 m par seconde.

Les pompes électriques mobiles sont l'une roulante et l'autre glissante ; la première, montée sur un chariot spécial à roues de diamètres variables pour l'emploi dans les plans inclinés, est constituée par deux pompes centrifuges entraînées par un moteur placé entre elles ; le débit de cette pompe, pour une hauteur de 30 m du point d'aspiration à l'orifice d'écoulement, est de 300 litres par minute à l'extrémité d'une canalisation de 300 m de long. La seconde pompe mobile est montée ainsi que son moteur, sur un cadre en fer que l'on peut faire glisser le long de deux charpentes métalliques à la profondeur voulue. Le moteur fait 1 200 tours par minute, ce qui correspond à un débit d'eau de 590 litres par minute.

Une dérivation du circuit n° 2 alimente le moteur d'une pompe centrifuge fixe, et à quelque distance de là, deux autres moteurs, l'un pouvant à volonté actionner soit un ventilateur, soit un treuil, l'autre actionnant une pompe fixe à piston.

Au circuit n° 3 sont raccordés les moteurs de deux treuils de halage sur plan incliné à montée et descente simultanées et ceux de deux pompes fixes à pistons.

L'installation électro-mécanique est enfin complétée par un monte-charge électrique destiné à remonter à la surface les poussiers et menus morceaux de charbon recueillis dans les diverses galeries d'extraction. Il se compose d'une cage en tôle à la partie supérieure de laquelle est placé un moteur engrenant par un pignon denté avec une crémaillère longeant les glissières. Avec une puissance de 2 535 watts, il communique à la cage, chargée d'environ 400 kg, une vitesse d'ascension de 22,5 cm par seconde.

Les trois circuits dont il vient d'être question alimentent également de nombreuses lampes à incandescence, montées soit par groupes, soit isolément, qui assurent un éclairage parfait dans tous les points principaux d'opération.

L'expérience acquise pendant les premiers mois du fonctionnement du matériel électrique a démontré qu'en raison de l'humidité de l'atmosphère dans la mine et de l'acidité de l'eau qu'on y rencontre, les bâtis en bois imprégné n'assuraient pas un isolement satisfaisant aux moteurs. On y a remédié en interposant entre les deux une épaisse plaque de caoutchouc vulcanisé; toutefois, malgré cette précaution, on doit enlever les induits qui ont fonctionné un certain temps, pour les remplacer par d'autres maintenus dans un endroit sec. Les collecteurs montés primitivement avec des interlamellaires en gypse et en fibre comprimée ont dû être changés contre d'autres, isolés au mica.

On a remarqué aussi que le marbre des plateaux sur lesquels étaient montés les commutateurs et autres appareils secondaires perdait de sa propriété isolante après un séjour prolongé dans une atmosphère saturée d'humidité; la porcelaine vitrifiée qui l'a remplacé a été trouvée préférable, à condition toutefois que l'émaillage qui la recouvre soit exempt de toute fissure. De même, à cause de l'humidité, l'amiante employée dans les résistances de démarrage provoquait de fréquents courts-circuits par la fusion des fils; on lui a substitué le verre sous forme de plaques épaisses autour desquelles les fils de nickel sont enroulés à nu. Le verre a également remplacé le bois avec avantage pour les poignées de commutateurs.

Malgré ces divers inconvénients rencontrés au début, et la nécessité d'avoir un jeu d'induits de rechange, l'installation fonctionne maintenant régulièrement et assure à la mine un meilleur rendement, l'exploitation étant plus active et beaucoup moins coûteuse qu'avec les anciens procédés. U...

Circulaire et instruction technique relatives à l'application de la loi de 1895 sur l'établissement des conducteurs d'énergie électrique. — L'application des dispositions générales de cette loi, reproduite dans *L'Éclairage Électrique*, t. IV, p. 237, a donné lieu à de nombreuses difficultés qui ont motivé l'étude, par le Comité d'électricité institué par l'article 6 de la loi, de nouveaux règlements. Ces règlements viennent d'être publiés sous forme d'une circulaire et d'une instruction technique que nous reproduisons ci-dessous. Nous y joignons le

texte de la loi du 25 juin, afin de mettre en même temps sous les yeux de nos lecteurs les articles de cette loi et les commentaires dont ils sont l'objet.

LOI du 25 juin 1895, concernant l'établissement des conducteurs d'énergie électrique autres que les conducteurs télégraphiques et téléphoniques.

Article premier. — En dehors des voies publiques, les conducteurs électriques qui ne sont pas destinés à la transmission des signaux et de la parole, et auxquels le décret-loi du 27 décembre 1851 n'est pas dès lors applicable, pourront être établis sans autorisation ni déclaration.

Art. 2. — Les conducteurs aériens ne pourront être établis dans une zone de 10 m en projection horizontale de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique, sans entente préalable avec l'Administration des postes et des télégraphes.

En conséquence, tout établissement de conducteurs dans les conditions du paragraphe précédent devra faire l'objet d'une déclaration préalable adressée au préfet du département et au préfet de police dans le ressort de sa juridiction. Cette déclaration sera enregistrée à sa date et il en sera donné récépissé. Elle sera communiquée sans délai au chef du service local des postes et télégraphes et transmise par les soins de ce dernier à l'administration centrale.

Le département des postes et des télégraphes devra notifier, dans un délai de trois mois à partir de la déclaration, l'acceptation du projet présenté ou les modifications qu'il réclame dans l'établissement des conducteurs aériens.

En cas de non-entente, les conducteurs aériens seront établis conformément à la décision du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et après avis du comité d'électricité visé par l'article 6 ci-dessous.

En cas d'urgence et en particulier dans le cas d'installation temporaire, le délai de trois mois prévu au troisième paragraphe du présent article pourra être abrégé.

Art. 3. — Le ministre, après avis du comité d'électricité détermine les modifications à apporter, pour garantir les lignes, aux conducteurs existant actuellement dans la zone ci-dessus, et cela sous réserve des droits qui pourraient être acquis. Le département des postes et des télégraphes avisera, dans un délai de six mois au plus à partir de la promulgation de la présente loi, les exploitants dont les conducteurs devraient être modifiés. Ceux qui font usage de ces conducteurs sont tenus de se conformer aux prescriptions ministérielles dans un délai maximum d'un an à partir d'une mise en demeure adressée par le département des postes et des télégraphes.

Art. 4. — Aucun conducteur ne peut être établi au-dessus ou au-dessous des voies publiques sans une autorisation donnée par le préfet, sur l'avis technique des ingénieurs des postes et des télégraphes, et conformément aux instructions du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes.

Art. 5. — Les dispositions ci-dessus ne concernent pas les installations de conducteurs d'énergie électrique faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'Etat ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'administration.

Les projets de ces installations électriques ainsi que toutes les modifications qui y sont apportées devront, sauf lorsqu'ils concerneront les chemins de fer et les voies navigables, être soumis à l'approbation du ministre des postes et des télégraphes, après examen en conférence par les services intéressés.

Art. 6. — Il sera formé près le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, un comité d'électricité permanent, composé, pour une moitié, de représentants professionnels des grandes industries électriques de France ou des industries faisant usage des applications de l'électricité.

Les membres de ce comité et son président seront nommés par le ministre. Le président sera choisi en dehors des membres du comité.

Le comité d'électricité donnera son avis sur les règles générales applicables dans les cas visés aux articles 4 et 5 ci-dessus et sur toutes les questions qui lui seront soumises par le ministre.

Art. 7. — Toute installation électrique devra être exploitée et entretenue de manière à n'apporter, par induction, dérivation ou autrement, aucun trouble dans les transmissions télégraphiques ou téléphoniques par les lignes préexistantes.

Lorsque l'installation exigera, dans ce but, le déplacement ou la modification des lignes télégraphiques ou téléphoniques préexistantes, le comité d'électricité sera consulté conformément aux articles 2, 3 et 6 ci-dessus. Les frais nécessités par ces déplacements ou modifications seront à la charge de l'exploitant.

Art. 8. — Quiconque aura contrevenu aux dispositions de la présente loi ou des règlements d'exécution sera, après une mise en demeure non suivie d'effet, puni des pénalités portées à l'article 2 du décret-loi du 27 décembre 1851.

Les contraventions seront constatées, poursuivies et réprimées dans les formes déterminées par le titre V dudit décret.

Art. 9. — Le décret du 15 mai 1888 est abrogé.

CIRCULAIRE n° 43 du 5 septembre 1898, relative à l'application de la loi du 25 juin 1895.

MONSIEUR LE PRÉFET,

Le décret du 15 mai 1888 rendait obligatoire la formalité de la déclaration pour les installations de conducteurs d'énergie électrique alors même qu'elles n'intéressaient ni la sécurité publique ni le service télégraphique.

La loi du 25 juin 1895 a abrogé ce décret pour lui substituer un régime plus libéral.

DISTINCTION DE CINQ CAS DANS L'APPLICATION DE LA LOI — Dans l'application de cette loi, il y a lieu de distinguer cinq cas :

1° Les installations faites en dehors des voies publiques et qui ne sont pas susceptibles d'atteindre les lignes télégraphiques ou téléphoniques appartenant à un service de l'Etat (*art.* 1 *et* 2 *de la loi*) [1].

2° Les installations faites en dehors des voies publiques et comportant des conducteurs aériens passant dans une zone de 10 m, en projection horizontale, de chaque côté d'une ligne télégraphique ou téléphonique appartenant à un service de l'Etat (*art.* 2 *de la loi*).

3° Les installations faites au-dessus ou au-dessous des voies publiques ou sur un terrain domanial (*art.* 4 *de la loi*).

4° Les installations empruntant le domaine public et faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'Etat ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'Administration (*art.* 5 *de la loi*).

5° Les installations concernant les chemins de fer et les voies navigables (*art.* 5 *de la loi*).

Les installations de la première catégorie ne sont plus soumises à aucune formalité; chacune est libre d'établir,

(1) Les lignes sont considérées comme pouvant être atteintes chaque fois que les conducteurs d'énergie électrique à poser sont aériens et passent dans une zone de 10 m en projection horizontale de chaque côté de ces lignes (*art.* 2). Cette distance de 10 m est, en effet, celle qui est nécessaire pour la protection d'une ligne au point de vue purement mécanique. Elle correspond à la plus grande hauteur au-dessus du sol des poteaux employés, de telle sorte que le renversement d'un poteau sur une ligne voisine maintenue à cette distance ne puisse l'atteindre.

dans ce cas, ses lignes à ses risques et périls, quelles que soient d'ailleurs l'intensité et la tension des courants employés.

Lorsqu'il s'agit d'installation de la deuxième catégorie, on n'a le droit d'établir des conducteurs d'énergie électrique ou de modifier une installation existante qu'après une déclaration préalable adressée au préfet du département ou au préfet de police dans le ressort de sa juridiction.

Pour les installations de la troisième catégorie, une autorisation spéciale est nécessaire (*art.* 4 *de la loi*).

Les projets d'installations de la quatrième catégorie doivent être soumis à l'approbation du ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes, après examen en conférence par les services intéressés.

Enfin les installations de la cinquième catégorie sont soumises aux seules formalités qui découlent de l'application de l'article 2 de la loi.

Les indications qui vont suivre visent uniquement le mode d'application de la loi du 25 juin 1895. Les formalités y relatives sont donc indépendantes de celles déterminées par les règlements de voirie qui demeurent entières.

OBLIGATIONS DU PUBLIC DANS LE CAS OU IL N'Y A LIEU NI A DÉCLARATION NI A AUTORISATION. (*Art.* 1 *et* 2 *de la loi.*) — Lorsque l'installation rentre dans la première catégorie et ne donne lieu ni à la déclaration ni à une autorisation, les propriétaires d'installations d'énergie électrique ne sont soumis qu'aux obligations résultant de l'article 7 de la loi qui assure la protection des lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les troubles pouvant provenir de l'exploitation des installations d'énergie.

FORMALITÉS A REMPLIR DANS LE CAS DE DÉCLARATION. (*Art.* 2 *de la loi.*) — Les propriétaires d'installations d'énergie électrique rentrant dans la deuxième catégorie indiquée plus haut doivent adresser une déclaration au préfet du département ou au Préfet de police dans le ressort de sa juridiction.

La date de cette déclaration forme le point de départ du délai maximum de trois mois dans lequel l'Administration doit notifier au pétitionnaire l'acceptation du projet ou les modifications qu'elle réclame.

La déclaration doit comprendre :

a. Une description détaillée du projet d'installation.

b. Un croquis sommaire ou diagramme du système de distribution.

c. Un état des renseignements conforme au modèle n° 1 annexé à la présente circulaire.

d. Un tracé de la ligne, fait à une échelle suffisante et comportant tous les détails essentiels aux points importants, tels que croisements avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques, etc.

Vous aurez, Monsieur le Préfet, à communiquer, chaque fois, le dossier complet au directeur des postes et des télégraphes de votre département.

Lorsque l'ingénieur aura formulé son avis, le directeur vous renverra le dossier, soit directement, soit après communication à l'Administration centrale, lorsque la nature plus particulière des installations projetées aura paru nécessiter un examen spécial du Comité d'électricité.

L'étude du dossier sera faite en appliquant les prescriptions techniques mentionnées dans l'instruction ci-jointe et dont les termes ont été arrêtés après avis du Comité d'électricité, conformément à l'article 6 de la loi.

La communication à l'Administration centrale n'aura lieu que lorsque l'installation projetée comportera une dérogation à ces prescriptions.

Vous ferez connaître à l'intéressé l'avis ainsi établi. Il conviendra de lui rappeler en même temps que les prescriptions en sont obligatoires sauf recours de sa part au ministre des postes et des télégraphes qui, dans ce cas, statuera après avis du Comité d'électricité.

FORMALITÉS A REMPLIR DANS LE CAS D'AUTORISATION. (*Art.* 4 *de la loi.*) — Toute installation d'énergie électrique rentrant dans cette catégorie suppose une double autorisation préalable :

1° Une autorisation des services de voirie intéressés, donnant au pétitionnaire le droit d'occuper matériellement une partie de l'espace en y établissant des conducteurs ;

2° Une autorisation visant les conditions électriques dans lesquelles le courant peut circuler dans lesdits conducteurs.

A cette double autorisation correspond, en outre, un double contrôle : contrôle des conditions de voirie, contrôle des conditions électriques.

Les conditions de délivrance des autorisations de voirie sont régies par les règlements ordinaires affectant la matière, et dont l'effet demeure entier.

Les conditions de délivrance des autorisations de circulation de courant sont les suivantes :

Les propriétaires d'installations d'énergie électrique, rentrant dans la troisième catégorie visée par la loi du 25 juin 1895, doivent adresser au préfet une demande d'autorisation.

A cette demande doivent être joints :

1° Une description détaillée du projet d'installation ;

2° Un croquis sommaire ou diagramme du système de distribution ;

3° Un état des renseignements conforme au modèle n° 2 annexé à la présente circulaire ;

4° Un tracé de la ligne fait à une échelle suffisante et comportant tous les détails essentiels aux points importants, tels que croisements avec les lignes télégraphiques ou téléphoniques, voies ferrées, etc.

Vous aurez à transmettre ce dossier ainsi constitué au directeur des postes et des télégraphes de votre département, qui le fera examiner par l'ingénieur, comme il a été dit dans le cas précédent (*art.* 4 *de la loi*).

Lorsque cet ingénieur aura formulé son avis, le directeur vous renverra le dossier soit directement, soit après communication à l'Administration centrale. La communication à l'Administration centrale ne sera d'ailleurs faite que si l'installation projetée donne lieu de craindre des troubles sur les fils de l'Etat préexistants et s'il y a lieu, par suite, de passer avec le pétitionnaire une convention réglant les indemnités qui seraient dues par lui à l'Administration des postes et des télégraphes pour l'exécution des mesures de préservation nécessaires.

Vous aurez, enfin, Monsieur le Préfet, à prendre un arrêté spécial d'autorisation, pour ce qui concerne la loi du 25 juin 1895, et conforme au type joint à la présente circulaire.

Cette autorisation soumettra le permissionnaire aux conditions électriques indiquées par le service des postes et télégraphes et qui, sauf exception admise après avis du Comité d'électricité, seront toujours conformes à celles énumérées dans l'instruction ci-jointe.

L'arrêté devra notamment désigner l'ingénieur des postes et des télégraphes chargé du contrôle des conditions électriques et faire connaître les obligations du permissionnaire, en ce qui concerne la surveillance et l'entretien de son installation.

Dès que cet arrêté aura été rendu, le permissionnaire, *muni des autorisations de voirie nécessaires*, sera libre de procéder à l'installation. Il pourra, *sous réserve des formalités à remplir vis-à-vis des services de voirie*, faire circuler son courant à la suite d'un simple avis adressé contre reçu, au directeur des postes et des télégraphes, si l'installation est du type dit « à basse tension ». S'il s'agit d'une installation dite « à haute tension », il fera connaître au directeur la date d'achèvement de ses travaux ; l'ingénieur chargé du contrôle procédera aussitôt aux essais réglementaires. Si les résultats obtenus sont satisfaisants, mention en sera faite sur le registre de contrôle à la suite des essais, et cette inscription tiendra lieu d'autorisation de mise en service.

Dans quelques cas spéciaux, il s'agit, par exemple, de conducteurs prenant appui sur des ouvrages appartenant aux compagnies de chemins de fer, ou passant en dessus ou en dessous de leurs emprises, etc., il sera nécessaire de demander l'avis et l'adhésion des services intéressés. Cette mission incombe à l'ingénieur des postes et des télégraphes au cours de son étude du dossier ; le texte d'arrêté qui vous sera proposé par le directeur sera donc toujours établi après cette entente, sans que vous ayez à provoquer de nouvelles conférences à ce sujet.

Les indications qui précèdent visent les formalités à remplir dans le cas de l'établissement d'une installation entièrement nouvelle.

Lorsqu'il s'agira d'établissement de branchements dans une installation déjà autorisée, les formalités seront encore simplifiées ; il suffira que le permissionnaire adresse, contre reçu, à l'ingénieur du contrôle des conditions électriques, une demande spécifiant la longueur du branchement, la section et l'isolement des conducteurs, ainsi que tous les renseignements utiles pour définir l'emplacement choisi.

Si, dans les huit jours, le permissionnaire n'a pas reçu avis contraire et toujours sous réserve de l'exécution des formalités de voirie, il sera libre d'exécuter ses travaux.

Formalités a remplir dans le cas d'approbation ministérielle. (*Art.* 5 *de la loi.*) — Les installations soumises à l'approbation ministérielle (*art.* 5) sont les installations de conducteurs d'énergie électrique faites pour les besoins de leur exploitation par les administrations de l'Etat ou par les entreprises de services publics soumises au contrôle de l'Administration.

Il convient d'entendre par là :

1° Les installations faites par les administrations de l'Etat pour les besoins de leur exploitation et empruntant le domaine public, c'est-à-dire autres que celles tombant sous le coup des articles 1 et 2 de la loi ;

2° Les installations faites par les entreprises de services publics soumises à un contrôle électrique déjà organisé par l'Etat.

Vous remarquerez que cette définition comprend la plupart des installations dont la concession fait l'objet d'une loi ou d'un décret d'utilité publique, notamment les tramways électriques. Par contre, les distributions d'énergie électrique faites pour le compte des particuliers ou pour les communes et empruntant les voies publiques tombent sous le coup de l'article 4 de la loi, parce que le contrôle électrique de l'Etat ne sera organisé pour elles que par l'arrêté préfectoral d'autorisation, comme il est indiqué ci-dessus.

La procédure à suivre dans le cas des installations soumises à l'approbation ministérielle comporte :

1° La tenue d'une conférence à deux degrés entre les services intéressés, l'ingénieur des postes et des télégraphes représentant l'Administration au premier degré, le directeur au second degré.

Cette conférence doit être provoquée soit par le représentant de l'Administration pour le compte de laquelle est faite l'installation, soit par le représentant de l'Administration par l'intermédiaire de laquelle l'entreprise en cause a sollicité la concession du service.

Elle a pour but d'arrêter de concert, après examen des projets de l'installation, les conditions électriques qui sont imposables à celle-ci.

Lorsque la concession du service public en cause devra être faite par un décret d'utilité publique ou une loi, une première conférence sommaire devra avoir lieu, dès le début de l'instruction, de manière à faire connaître, dès l'origine, au pétitionnaire, avec toute l'approximation possible, les obligations auxquelles il aura à se soumettre au point de vue des conditions électriques ;

2° L'envoi du procès-verbal de la conférence à l'Administration centrale. Cet envoi doit être accompagné d'un dossier constitué comme il a été dit plus haut, à propos des installations soumises au régime de l'autorisation ;

3° La promulgation d'un arrêté pris par le ministre du commerce, de l'industrie, des postes et des télégraphes et déterminant en dernier ressort, d'une part, les conditions électriques imposables à l'installation, d'autre part, les fonctionnaires chargés par lui de vérifier que ces conditions soient bien remplies.

Cet arrêté vous sera ensuite transmis et vous aurez à en faire assurer l'exécution par les intéressés.

Cas des installations concernant les chemins de fer et les voies navigables. — Ainsi qu'il a été dit plus haut, les installations concernant les chemins de fer et les voies navigables ne sont soumises à aucune formalité.

Toutefois, conformément à l'article 2 de la loi, elles devront faire l'objet d'une déclaration lorsqu'elles passeront à moins de 10 m en projection horizontale d'une ligne télégraphique ou téléphonique.

Mesures a prendre pour assurer l'application de l'article 7. — Toutes les installations électriques, sans exception, demeurent soumises aux prescriptions de l'article 7 de la loi du 25 juin 1895, et doivent être exploitées de manière à n'apporter aucun trouble dans les transmissions télégraphiques ou téléphoniques.

Lorsqu'une installation électrique trouble les transmissions télégraphiques ou téléphoniques d'une manière quelconque, le directeur du département en informe l'exploitant, le met en demeure de faire cesser le trouble immédiatement et prend, s'il y a lieu, toutes les mesures nécessaires, conformément à l'article 12 du décret-loi du 27 décembre 1851.

A partir de cette mise en demeure, l'auteur du dommage n'a plus à exciper de son ignorance. Il sait qu'il tombe sous le coup de la loi et des pénalités qu'elle édicte, s'il ne prend les mesures nécessaires pour remédier à l'état des choses qui lui est signalé.

Lorsque les troubles atteignent les lignes télégraphiques ou téléphoniques installées postérieurement à l'établissement des conducteurs d'énergie électrique, il appartient à l'Administration des postes et des télégraphes d'aviser au moyen de se garantir elle-même contre ces troubles et, s'il est nécessaire, de demander des modifications à l'installation de ces conducteurs ; elle en supportera alors les frais et l'industriel ou le service public intéressé sera tenu de les exécuter.

Instruction technique jointe a la présente circulaire. — Comité d'électricité. — Ainsi qu'il a été dit précédemment, les directeurs et ingénieurs des postes et des télégraphes chargés d'étudier les projets d'installation qui leur seront soumis, devront se conformer aux indications contenues dans l'instruction technique jointe à la présente circulaire.

Cette instruction a été arrêtée après avis du Comité d'électricité institué par l'article 6 de la loi et qui a pour mission d'étudier, à titre consultatif, soit les prescriptions réglementaires à imposer, soit les dispositions à prendre dans chaque cas particulier, en vue de garantir le bon fonctionnement des lignes télégraphiques ou téléphoniques.

Vous devrez donner à cette instruction la plus grande publicité possible, de manière à mettre les intéressés en mesure d'en tenir compte dans l'établissement de leurs projets.

Afin de la maintenir toujours en harmonie avec les progrès de la science et les nécessités nouvelles qui en résulteront, cette instruction sera revisée chaque année après avis du Comité d'électricité.

D'une manière générale, tout particulier, en cas de désaccord avec l'Administration locale, peut en référer au ministre. Le Comité sera toujours appelé à donner son avis sur les questions ainsi soulevées. Sa composition, dans laquelle l'industrie est si largement représentée, et la compétence

de ses membres sont un sûr garant que les solutions indiquées seront de nature à sauvegarder heureusement les intérêts en jeu. Ces avis contribueront à former peu à peu une jurisprudence autorisée et il n'est pas douteux qu'à ce point de vue les prévisions du législateur ne soient pleinement justifiées.

Tels sont, Monsieur le Préfet, les dispositions destinées à assurer l'application de la loi du 25 juin 1895. Ces dispositions abrogent toutes les prescriptions d'ordre électrique autres que celles mentionnées dans les instructions ci-jointes.

Vous voudrez bien m'accuser réception de la présente circulaire et de ses annexes. Une ampliation en est également adressée à tous les directeurs des postes et des télégraphes.

Paris, le 5 septembre 1898.

Le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes,
E. MARUÉJOULS.

INSTRUCTION TECHNIQUE du 5 septembre 1898 pour l'établissement des conducteurs d'énergie électrique. — (*Application de la loi du 25 juin* 1895.)

La présente instruction a pour objet de définir les conditions électriques imposables aux installations d'énergie électrique, par application de la loi du 25 juin 1895.

On désignera, dans ce qui suit :

Sous le nom d'*installations à haute tension* les installations à courant continu utilisant des tensions supérieures à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces supérieures à 120 volts ;

Sous le nom d'*installations à basse tension* les installations à courant continu utilisant des tensions inférieures ou égales à 600 volts, et les installations à courants alternatifs utilisant des tensions maximum efficaces inférieures ou égales à 120 volts.

CHAPITRE PREMIER. — PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SPÉCIALES AUX CONDUCTEURS AÉRIENS. — *Art.* 1er. SUPPORTS. — Les supports doivent présenter toutes les garanties de solidité nécessaires.

En particulier, les supports en bois doivent être prémunis contre les actions de l'humidité ou du sol.

Art. 2. ISOLATEURS. — La distance entre deux isolateurs consécutifs ne doit pas être supérieure à 100 m, sauf exception motivée.

L'emploi des isolateurs à huile ou à simple cloche est considéré comme insuffisant dans les installations à haute tension.

Art. 3. CONDITIONS SPÉCIALES D'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS AÉRIENS. — § 1er. *Résistance mécanique.* — Les conducteurs doivent avoir une résistance suffisante à la traction pour qu'il n'y ait aucun danger de rupture sous l'action des efforts qu'ils auront à supporter.

§ 2. *Conducteurs recouverts d'un isolant.* — Lorsqu'un conducteur est recouvert d'un isolant, la matière isolante doit avoir une épaisseur d'au moins 2 mm et être suffisamment protégée, aux points d'attache, contre la détérioration ou l'usure par le frottement.

Cette couverture doit être entretenue en bon état.

§ 3. *Interdiction de l'accès des conducteurs au public.* — *a.* Les conducteurs doivent être hors de la portée du public (1).

b. Chaque support portera l'inscription : « Défense absolue de toucher aux fils. »

c. Dans le cas de courants continus à tensions supérieures à 600 volts ou de courants alternatifs, le permissionnaire doit munir les supports, sur une hauteur de 50 cm, à partir de 2 m au-dessus du sol, de dispositions spéciales pour empêcher, autant que possible, le public d'atteindre les conducteurs.

En outre, sur les appuis d'angle, on prendra les dispositions nécessaires pour que le conducteur d'énergie électrique, au cas où il viendrait à abandonner l'isolateur, soit encore retenu et ne risque pas de traîner sur le sol.

§ 4. *Traversée des voies publiques.* — Dans le cas de courants continus à tensions supérieures à 600 volts ou de courants alternatifs, un filet de protection sera établi au-dessous des conducteurs d'énergie électrique, dans toute la partie correspondant à la traversée des voies publiques, rivières et canaux navigables, à moins que le permissionnaire n'ait fait agréer une disposition rendant le conducteur inoffensif en cas de rupture.

§ 5. *Traversée des lieux habités.* — Dans la traversée des lieux habités, les conducteurs d'énergie électrique sont, en outre, soumis aux règles suivantes :

Si les conducteurs de la canalisation principale prennent leur appui aux maisons riveraines, ils doivent être placés à 1 m au moins des façades, à 0,50 m au moins au-dessus des fenêtres les plus élevées, et, en tout cas, hors de la portée des habitants.

S'ils passent au-dessus d'un toit, ils doivent en être à une distance de 2,50 m au moins.

§ 6. *Branchements particuliers.* — Les conducteurs formant branchements particuliers doivent être protégés dans toutes les parties où ils sont à la portée des personnes.

Art. 4.— VOISINAGE DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES APPARTENANT A L'ETAT. — § 1. Dans tous les cas, la distance entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques doit être de 1 m au moins.

§ 2. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique parcourus par des courants dits « à haute tension » suivent parallèlement une ligne télégraphique ou téléphonique, la distance à établir entre ces lignes devra toujours être fixée de manière qu'en aucun cas il ne puisse y avoir de contact accidentel.

Lorsque les conducteurs d'énergie seront fixés sur toute leur longueur, cette distance pourra être réduite à 1 m, comme il est dit ci-dessus (§ 1er). Dans tous les autres cas, elle ne sera jamais inférieure à 2 m.

Les distances ci-dessus (§§ 1 et 2) sont d'ailleurs indiquées sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 3. Aux points de croisement et dans le cas de courants dits « à haute tension », tout contact éventuel entre les conducteurs d'énergie électrique et les fils télégraphiques ou téléphoniques préexistants sera prévenu à l'aide d'un dispositif mécanique de garde.

Quand il s'agira de conducteurs parcourus par des courants dits « à basse tension » et si le permissionnaire ne veut pas recourir au dispositif indiqué ci-dessus, l'Administration établira, si elle le juge nécessaire, aux frais dudit permissionnaire, des coupe-circuits spéciaux sur les fils télégraphiques ou téléphoniques intéressés.

§ 4. Si l'Administration vient à établir ultérieurement des lignes télégraphiques ou téléphoniques croisant les conducteurs d'énergie électrique, les frais résultant des mesures de précaution indiquées ci-dessus seront à la charge de l'Administration et le permissionnaire sera tenu d'exécuter les travaux qui lui seront indiqués.

Art. 5. ISOLEMENT ÉLECTRIQUE DE L'INSTALLATION. — L'ensemble des conducteurs aériens de l'installation sera établi de manière à présenter un isolement kilométrique minimum de 5 mégohms, s'il s'agit d'installations dites « à haute tension », ou de 1 mégohm, s'il s'agit d'installations dites « à basse tension ».

Dans l'appréciation de cette valeur minimum d'isolement, les agents contrôleurs devront d'ailleurs tenir compte de

(1) Les conditions relatives à la hauteur des appuis au-dessus du sol sont définies par les services de voirie intéressés.

l'ensemble des mesures périodiques qui doivent être réglementairement effectuées par les exploitants.

CHAPITRE II. — PRESCRIPTIONS TECHNIQUES SPÉCIALES AUX CONDUCTEURS SOUTERRAINS. — *Art.* 6. CONDITIONS GÉNÉRALES D'ÉTABLISSEMENT DES CONDUCTEURS SOUTERRAINS. — § 1er. *Protection mécanique.* — Les conducteurs d'énergie électrique souterrains doivent être protégés mécaniquement contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs ou le choc des outils en cas de fouille.

§ 2. *Conducteurs électriques placés dans une conduite métallique.* — Dans tous les cas où les conducteurs d'énergie électrique sont placés dans une enveloppe ou conduite métallique, ils doivent être isolés avec le même soin que s'ils étaient placés directement dans le sol.

§ 3. *Précautions contre l'introduction des eaux.* — Les conduites, quelle que soit leur nature, doivent être établies de manière à éviter autant que possible l'introduction des eaux. En tout cas, des précautions doivent être prises pour assurer la prompte évacuation des eaux et le drainage des fouilles.

§ 4. *Passage sur des ouvrages métalliques.* — Lorsque les câbles seront installés sur un ouvrage métallique, l'établissement des boîtes de coupure aux deux extrémités de l'ouvrage pourra être exigé de manière à permettre de vérifier aisément si le tronçon ainsi constitué présente la résistance d'isolement prescrite par l'article 11 ci-dessous.

Art. 7. VOISINAGE DES CONDUITES DE GAZ. — Lorsque, dans le voisinage des conducteurs d'énergie électrique, il existe des conduites de gaz, et que ces conducteurs ne sont pas placés directement dans le sol, le permissionnaire doit prendre les mesures nécessaires pour assurer la ventilation régulière de la conduite renfermant les câbles électriques et éviter l'accumulation des gaz.

Art. 8. VOISINAGE DES CONDUITES TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES. — § 1er. Lorsque les conducteurs d'énergie électrique suivent une direction commune avec une ligne télégraphique ou téléphonique, une distance d'au moins 1 m en projection horizontale doit exister entre ces conducteurs et la ligne télégraphique ou téléphonique, sous les réserves spécifiées à l'article 7 de la loi.

§ 2. Aux points de croisement, les conducteurs d'énergie électrique doivent être placés à une distance minimum de 0,50 m des conduites télégraphiques ou téléphoniques, à moins que la canalisation ne présente en ces points les mêmes garanties, aux points de vue de la sécurité publique, de l'induction et des dérivations, que les câbles concentriques ou cordés, à enveloppe de plomb et armés.

Art. 9. REGARDS. — Les regards établis par le permissionnaire ne doivent renfermer ni tuyaux d'eau, de gaz, d'air comprimé, etc., ni conducteurs d'électricité appartenant à un autre permissionnaire.

Les regards doivent être disposés de manière à pouvoir être ventilés.

Les plaques des regards doivent être convenablement isolées par rapport aux conducteurs d'énergie électrique.

Art. 10. BRANCHEMENTS. — Les conducteurs d'énergie électrique formant branchements particuliers doivent être recouverts d'un isolant protégé mécaniquement d'une façon suffisante, soit par l'armature du câble conducteur, soit par des conduites en matière résistante et durable.

Art. 11. ISOLEMENT ÉLECTRIQUE DE L'INSTALLATION. — Le réseau de conducteurs doit être disposé de telle manière qu'on puisse débrancher les canalisations privées et diviser en tronçons la canalisation principale.

La résistance absolue d'isolement de chaque tronçon entre les conducteurs et la terre, exprimée en ohms, ne doit jamais être numériquement inférieure à cinq fois le carré de la plus grande différence de potentiel efficace entre les conducteurs, exprimée en volts.

CHAPITRE III. — TRAMWAYS A TRACTION ÉLECTRIQUE. — *Art.* 12. VOIES. — La conductibilité de la voie devra être assurée dans les meilleures conditions possibles.

La perte de charge kilométrique le long de la voie ne devra pas dépasser 1 volt. Des précautions spéciales pourront en outre être prescrites en vue de protéger les masses métalliques de toute nature contre l'action des courants de retour.

Lorsque la voie passera sur un ouvrage métallique, elle devra être autant que possible isolée électriquement du sol dans la traversée de l'ouvrage. Les connexions devront être établies de telle sorte que la chute de potentiel entre les deux extrémités de l'ouvrage ne dépasse pas en marche normale 0,25 volt. Des mesures d'espèce pourront enfin être prescrites en vue d'atténuer la différence de potentiel entre la masse de l'ouvrage et le sol, toutes les fois que cela sera jugé nécessaire.

Les limites indiquées ci-dessus devront s'appliquer uniquement aux pertes de charge moyenne rapportées à la durée de marche.

Art. 13. FIL DE TROLET. — Des dispositifs destinés à protéger mécaniquement les lignes télégraphiques ou téléphoniques contre les contacts avec le fil de trôlet devront être établis à tous les points de croisement.

Art. 14. CAS PARTICULIER DU MONTAGE AVEC FIL NEUTRE. — L'emploi de deux fils de trôlet supportés par un même appui sera admis lorsque le montage de l'installation comportera l'emploi des voies de retour comme fil neutre.

Art. 15. PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES. — Sous réserve des prescriptions ci-dessus, il sera fait application aux installations de tramways de toutes les dispositions énoncées dans les chapitres I et II, et applicables en l'espèce.

CHAPITRE IV. — DISPOSITIONS GÉNÉRALES. — *Art.* 16. Il est interdit d'employer la terre comme partie du circuit.

Art. 17. TRANSFORMATEURS. — Toutes les parties accessibles des transformateurs devront être mises soigneusement à la terre.

L'isolement entre chacun de leurs circuits ainsi qu'entre le primaire et la terre ne devra jamais être inférieur à 100 mégohms, mesuré à froid (15° environ) ou 10 mégohms, mesuré à chaud (70° environ).

Art. 18. VOISINAGE DES POUDRERIES ET POUDRIÈRES. — Aucun conducteur d'énergie électrique ne peut être établi à moins de 20 m d'une poudrerie ou d'un magasin à poudre, à munitions ou à explosifs si ce conducteur est aérien, de 10 m si ce conducteur est souterrain.

Cette distance se compte à partir de la clôture qui entoure la poudrerie ou du mur d'enceinte spécial qui entoure le magasin. Si ce mur n'existe pas, on devra considérer comme limite dudit magasin :

1° Le pied du talus des massifs de terre recouvrant les locaux, si ceux-ci sont enterrés ;

2° Les points où émergent les gaines ou couloirs qui mettent les locaux en communication avec l'extérieur, si ceux-ci sont souterrains.

Art. 19. EXCEPTIONS. — Les demandes relatives à des installations comportant des tensions supérieures à 10 000 volts ou des dispositions techniques non prévues dans la présente instruction, ou des dérogations à cette instruction, sont réservées à l'examen et à la décision de l'Administration supérieure.

Art. 20. RESPONSABILITÉ DU PERMISSIONNAIRE. — Il demeure entendu que, nonobstant les autorisations obtenues et l'application des dispositions ci-dessus, le permissionnaire est responsable vis-à-vis des tiers des accidents qui résulteraient de ses travaux ou de la présence de ses conduites et des conducteurs d'énergie électrique qu'elles contiennent.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 5 Novembre 1898 6e Année. — N° 45.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

LE RÉGLAGE DE LA TENSION

DANS LES DISTRIBUTIONS A TROIS FILS A COURANT CONTINU

Tout système de réglage d'une distribution à trois fils doit satisfaire aux deux conditions suivantes :

1° Maintenir dans les limites requises pour le bon fonctionnement des appareils récepteurs, la différence de potentiel entre les conducteurs extrêmes du réseau.

2° Répartir également la tension totale entre les deux ponts de la distribution.

Les modes de réglage varient suivant que les feeders alimentant le réseau sont à trois conducteurs ou à deux seulement, reliés aux fils extrêmes.

Dans le premier cas que nous voulons considérer tout d'abord, le réglage se fait à l'usine génératrice sur les indications de voltmètres reliés par des fils pilotes à des points déterminés du réseau ou par un système équivalent. Chaque unité génératrice se compose de deux dynamos identiques reliées en série.

S'il s'agit d'un réseau d'éclairage ou de toute autre distribution dans laquelle la demande varie lentement, le réglage de la tension satisfaisant aux deux conditions sus-indiquées peut être fait à la main, soit en agissant sur les excitations des dynamos, soit en réglant le nombre d'éléments de deux batteries d'accumulateurs mises en parallèle sur chaque pont. On fait parfois usage d'égalisateurs de tension à l'usine génératrice même.

Sans discuter l'efficacité des systèmes indiqués au point de vue technique et économique (ce qui sortirait de notre cadre), nous observerons qu'aucun d'eux ne peut atteindre son but lorsque les variations de charge dans les deux ponts sont très brusques et considérables. On a imaginé des appareils basés sur l'emploi de relais faisant automatiquement les opérations de réglage ; mais eux aussi sont insuffisants dans de telles conditions, le retard avec lequel ils fonctionnent rendant bien souvent le réglage illusoire.

Pour pouvoir obtenir des résultats satisfaisants, même dans le dernier cas, il est nécessaire d'employer un système dans lequel le réglage n'est pas obtenu par le fonctionnement successif de pièces en mouvement, l'inertie de ces dernières ne permettant pas de faire le réglage immédiatement après le déréglage.

Le système suivant ne comportant qu'un simple arrangement des excitations des machines, nous semble satisfaire à tous les desiderata.

**

Soit un feeder à trois fils alimentant, par un couple de machines, une distribution dans laquelle le nombre des récepteurs varie entre les plus grandes limites et très brusquement ; on veut maintenir constante la tension entre les fils extrêmes aux bouts du feeder et répartir également cette tension entre les deux ponts de la distribution.

Supposons le problème résolu et soit V la différence de potentiel entre A et B et entre

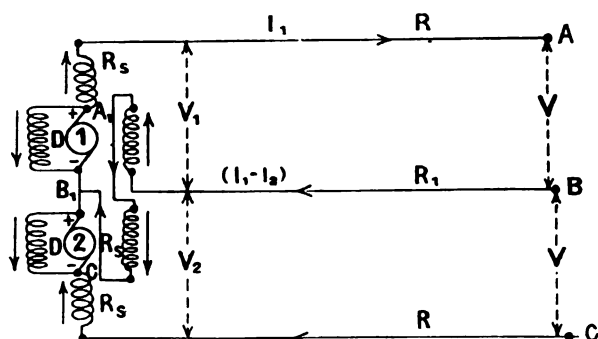


Fig. 1.

B et C (fig. 1). Soit R la résistance des conducteurs extrêmes, R_1 celle du conducteur du milieu, I_1 la demande de courant dans l'un des ponts de la distribution, I_2 la demande dans l'autre pont : le conducteur du milieu sera parcouru par un courant $I_1 - I_2$ et on aura

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= V + I_1 R + (I_1 - I_2) R_1 \\ V_2 &= V + I_2 R - (I_1 - I_2) R_1 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Ces équations indiquent quelle doit être la loi de variation de la différence de potentiel aux bornes des deux machines en fonction des courants I_1, I_2 débités par chacune d'elles. Elles indiquent clairement comment on peut y satisfaire pour toutes les valeurs de I_1 et I_2.

Il faut pourvoir chaque machine :

1° D'un enroulement en dérivation D capable d'assurer aux bornes une différence de potentiel V en circuit ouvert ($I_1 = I_2 = 0$) ;

2° D'un enroulement en série R_s suffisant pour compenser la chute de potentiel dans l'armature et dans l'enroulement même, ainsi que la réaction d'induit et la chute de voltage due à la résistance R d'un des fils extrêmes ;

3° D'un enroulement supplémentaire parcouru par le courant $(I_1 - I_2)$ du fil du milieu et ajoutant son action à celle des deux enroulements sus-indiqués lorsque la machine considérée est la plus chargée, ou la retranchant s'il s'agit de la machine la moins chargée. Cet enroulement doit relever ou abaisser la force électromotrice de la machine de $(I_1 - I_2)(R_1 + 2R'_s)$, R'_s étant la résistance de l'enroulement même.

La figure 1 indique les connexions des deux machines avec le feeder.

On peut résoudre la question d'une façon différente : les équations (1) en indiquent les moyens ; elles peuvent en effet être écrites sous la forme

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= V + I_1 (R_1 + R) - I_2 R_1 \\ V_2 &= V + I_2 (R_1 + R) - I_1 R_1 \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

qui montre qu'il faut pourvoir chaque machine d'une excitation en série capable de compenser la chute de potentiel dans l'armature, dans l'enroulement en série, dans la résistance $(R_1 + R)$ et la réaction d'induit. Une partie de cette excitation, capable de compenser la chute de potentiel dans la résistance R_1, doit toujours être antagoniste. La

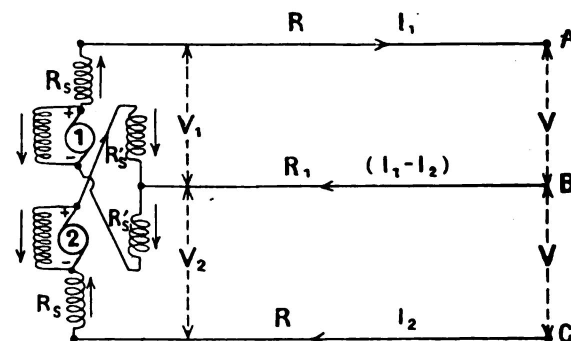


Fig. 2.

figure 2 montre la disposition qui résulte du reste directement des équations (2).

Il est toutefois à remarquer que cette seconde solution est bien inférieure à la première, car à égalité de circuit magnétique des machines, elle demande un nombre d'am-

pères-tours d'excitation beaucoup plus considérable, soit parce que l'excitation de chaque machine est toujours différentielle, soit parce qu'en général $R_1 > R$.

A égalité de poids de cuivre employé elle aurait donc un plus mauvais rendement; c'est pourquoi nous n'en dirons pas davantage.

Inutile d'ajouter que le moteur actionnant l'ensemble des deux machines doit être, en tout cas, à même de marcher à vitesse constante malgré les variations brusques de la charge.

Pour la détermination de l'excitation de chaque machine, dans la première solution, on procédera de la façon suivante : on calculera d'abord le nombre d'ampères-tours total (mi) pour avoir, avec le courant normal une différence de potentiel V aux extrémités des résistances $(R_s + R'_s + R + R_1)$, puis le nombre d'ampères-tours $(mi)_1$ pour avoir, toujours avec le courant normal, la même différence de potentiel aux extrémités des résistances $(R + R_1)$ et enfin les ampères-tours $(mi)_2$ pour avoir le voltage V aux bornes à circuit ouvert. Les ampères-tours $(mi) - (mi)_1$ seront attribués à l'enroulement en série supplémentaire, les ampères-tours $(mi) - (mi)_1 - (mi)_2$ à l'enroulement en série R_s et le reste à l'excitation en dérivation.

Comme pour les machines compound ou hypercompound, il est nécessaire d'étudier la carcasse de façon que la caractéristique à circuit ouvert des deux dynamos, qui seront aussi égales que possible, soit rectiligne au delà du coude, et qu'à circuit ouvert le fonctionnement corresponde à un point placé au delà du coude de la courbe du magnétisme.

Par suite des variations brusques de la charge de chaque machine, il y aura des variations brusques du flux, qui nécessiteraient une variation continuelle et correspondante du calage des balais pour éviter les étincelles.

Comme cela est irréalisable, il faut appliquer dans l'étude de ces machines les précautions conseillées dans des cas analogues pour réduire au minimum les étincelles aux balais, qui resteront ainsi calés invariablement en une position moyenne.

Le système indiqué est d'une simplicité remarquable et d'un fonctionnement sûr et prompt; aussi il nous semble à conseiller dans beaucoup de cas et surtout dans ceux dans lesquels les autres systèmes de réglage indiqués seraient défectueux ou inefficaces. La traction électrique à trois fils et les transports de force aux distances moyennes pourraient plus spécialement l'employer très utilement.

Il faut cependant faire remarquer qu'un couple de machines, tel que celui que nous venons de décrire, ne peut servir que pour le feeder pour lequel il a été calculé, et que ce feeder ne peut pas être alimenté éventuellement par un autre couple de machines mis en parallèle avec le premier.

On peut cependant, en prévision de ce couplage, pourvoir les machines de bornes auxiliaires partageant les excitations en série en deux parties, la totalité de ces excitations étant employée lorsque le groupe de machines alimente seul le feeder, tandis qu'une partie resterait hors de circuit, ou en court-circuit lorsque ce groupe travaille en parallèle avec les autres. La même disposition pourrait du reste être employée pour pouvoir relier un groupe de machines successivement à des feeders de résistances différentes. Grâce à ce dispositif on peut donc relier les couples de machines en parallèle; mais il reste toujours l'inconvénient de ne pas pouvoir relier aux mêmes barres du tableau de distribution les extrémités des feeders ayant la même résistance. Les conditions de réglage ne pourraient alors être atteintes que dans le cas où le courant total se partagerait entre les feeders proportionnellement à leur section, ce qui, en général, n'arrive pas. En tout cas, le rendement moyen d'un couple de ces machines est supérieur à celui de l'ensemble des dynamos et des appareils de réglage (accumulateurs, égalisateurs de tension, etc.) satisfaisant aux mêmes conditions de fonctionnement;

en outre, le réglage étant absolument automatique, il n'y a effectivement aucun réglage à faire, excepté celui de la vitesse.

Nous ajouterons finalement que tous les bobinages d'une des machines d'un couple peuvent être déterminés expérimentalement, et qu'il y a moyen, par l'emploi de résistances en série ou en parallèle, suivant le cas, de parer aux différences magnétiques éventuelles entre les deux machines.

Lorsque le réseau à trois fils est alimenté par des feeders à deux conducteurs, la constance de la tension entre les fils extrêmes est assurée par un réglage des dynamos à la station génératrice, tandis que l'égale répartition de cette tension entre les deux ponts de la distribution est obtenue en général par l'emploi d'appareils connus sous le nom d'*égalisateurs de tension*, installés à proximité des appareils récepteurs aux endroits où l'on craint les déréglages les plus grands.

Comme on le sait, un égalisateur de tension ordinaire est constitué par deux machines identiques, dont les induits sont calés sur le même arbre et excitées par le même courant comme l'indique la figure 3. Si, par

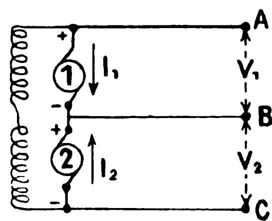


Fig. 3.

suite de l'égale répartition de la charge entre les deux ponts, $V_1 = V_2$, le système fonctionne comme un moteur marchant à vide. Les induits sont parcourus par un certain courant i_0 qui est en général très petit vis-à-vis des courants qui parcourent les mêmes induits lorsqu'il existe un déréglage sensible entre les deux ponts. C'est pourquoi dans ce qui suit nous ne nous occuperons pas d'examiner le fonctionnement de l'égalisateur lors d'un réglage qui change le courant dans un des induits de moins que i_0. A un instant quelconque, lors d'un déréglage, l'induit 1 absorbe un courant i_1 tandis que l'induit 2 débite un courant i_2; et le système des deux induits prend une certaine vitesse. Les voltages aux bornes des deux induits, qui sont les mêmes que ceux des deux ponts de la distribution, seront exprimés par

$$\left.\begin{array}{l} V_1 = e_0 + i_1 r \\ V_2 = e_0 - i_2 r \end{array}\right\} \qquad (3)$$

Dans ces expressions e_0 est la force électromotrice engendrée dans les induits et r leur résistance. Elles montrent nettement qu'un appareil ainsi étudié ne peut pas égaliser parfaitement les deux voltages puisque $V_1 > V_2$. On remarquera que ces machines fonctionnent alternativement comme moteur et comme dynamo, le sens de leur rotation étant cependant toujours le même. Il s'ensuit que les balais doivent nécessairement être calés invariablement à la ligne neutre, ce qui élimine sensiblement toute réaction de l'induit sur le flux inducteur. La force électromotrice e_0 reste sensiblement constante, quels que soient i_1 et i_2, puisque le courant d'excitation est constant et que la vitesse ne varie pas beaucoup pourvu que la différence de potentiel entre les fils extrêmes soit invariable. Puisque $V_1 - V_2 = (i_1 + i_2)\, r$, on en conclut que l'égalisateur égalise d'autant moins que le déréglage entre les deux ponts est plus grand. Pour que $V_1 = V_2$, il faudrait que la résistance r des armatures fût nulle ; aussi le réglage qu'un tel système peut réaliser est d'autant plus parfait que la résistance des armatures est plus petite. Comme la résistance de ces dernières ne peut pas descendre en dessous d'une certaine limite, pour obtenir l'égalisation parfaite des voltages il faut modifier les forces électromotrices des deux machines, de façon à renforcer celle de la dynamo fonctionnant comme génératrice et à affaiblir celle de la dynamo fonctionnant comme moteur.

Dans cet ordre d'idées, on peut améliorer les conditions de fonctionnement de l'égali-

sateur et même les rendre tout à fait satisfaisantes en interchangeant les excitations des deux machines, comme l'indique la figure 4.

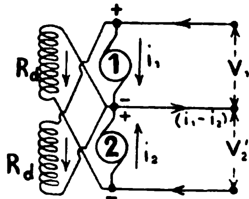


Fig. 4.

L'échange des excitations produit une augmentation $\frac{V_1 - V_2}{R_d}$ (fig. 3) dans le courant d'excitation de la machine 2 et une diminution égale dans l'excitation de la machine 1. Appelons K la constante par laquelle il faut multiplier la différence de potentiel appliquée aux inducteurs d'une machine pour avoir la force électromotrice développée dans celle-ci. On peut écrire pour la disposition de la figure 4

$$\begin{cases} V'_1 = e_0 + i_1 r - K(V_1 - V_2) = e_0 + i_1 r - Kr(i_1 + i_2) \\ V'_2 = e_0 + i_2 r + K(V_1 - V_2) = e_0 - i_2 r + Kr(i_1 + i_2) \end{cases}$$

de là on déduit

$$V'_1 = V'_2 = e_0 + \frac{r}{2}(i_1 - i_2) \qquad (4)$$

si

$$K = \frac{1}{2}.$$

Il est donc possible, en étudiant convenablement le circuit magnétique des deux machines, de réaliser par ce moyen un réglage pratiquement exact.

Il suffit que la partie BA de la caractéristique à circuit ouvert de chaque machine (fig. 5) (e force électromotrice induite, V différence de potentiel appliquée aux inducteurs) fasse un angle de 26°,5 avec l'horizontale (tang. 26°,5 $= \frac{1}{2}$).

Cette condition peut être satisfaite par un choix convenable des sections et des matériaux employés, la résistance du circuit magnétique restant dans les limites ordinairement requises pour avoir un bon rendement des machines.

Cette disposition a l'avantage de ne pas

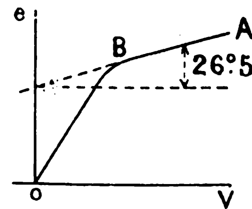


Fig. 5.

employer d'enroulements supplémentaires qui compliquent l'ensemble et augmentent les pertes ; par contre, elle demande une étude particulière du circuit magnétique des machines [1].

Une disposition qui fonctionne exactement de la même façon est celle qui est indiquée par la figure 6.

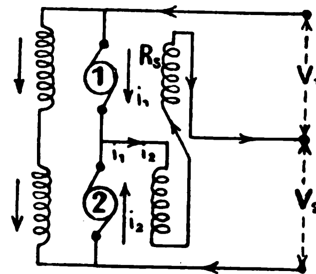


Fig. 6.

L'égalité des deux voltages est obtenue en renforçant l'excitation d'une des machines et en affaiblissant celle de l'autre d'une quantité proportionnelle à $(i_1 + i_2)$. On a en effet

$$V'_1 = e_0 + r i_1 + 2 R_s (i_1 + i_2) - K(i_1 + i_2)$$
$$V'_2 = e_0 - r i_2 - 2 R_s (i_1 + i_2) + K(i_1 + i_2)$$

et il est facile de vérifier que $V'_1 = V'_2$, si

[1] Les deux dispositions qui vont suivre ont été revendiquées par la maison Siemens et Halske de Berlin (brevet allemand n° 93 365, du 14 août 1897). Dans le mémoire relatif à ce brevet, MM. Siemens et Halske prétendent que la disposition que nous venons de décrire ne peut pas réaliser l'égalisation des deux voltages ; nous ne sommes pas du même avis.

$K = \frac{r}{2} + 2 R_s$ et que

$$V'_1 = V'_2 = e_0 + \frac{r}{2}(i_1 - i_2) \quad (5)$$

Quant à la section et au nombre de spires à donner à l'enroulement en série supplémentaire, on remarquera qu'il est parcouru par le courant $i_1 + i_2$. En appelant η le rendement industriel des induits supposé le même pour les deux machines à chaque instant, on aura $i_2 = \eta^2 i_1$ et $i_1 + i_2 = (1 + \eta^2) i_1$. Comme le rendement η est en général très élevé (0,90), $i_1 + i_2$ est presque le double de i_1 (1,81 i_1); la densité du courant étant fixée à l'avance, la section à donner à l'enroulement en question est déterminée. Le calcul du nombre d'ampères-tours nécessaire se fera comme celui d'une machine compound ordinaire pour avoir une différence de potentiel $V = V'_1 = V'_2$ aux bornes, lorsque le courant de l'induit est le courant normal, qui, dans ce cas, correspond au déréglage prévu entre les deux ponts de la distribution. C'est le produit de ce courant par la moitié de la différence de potentiel entre les fils extrêmes qui détermine la puissance pour laquelle on doit calculer les machines.

Au lieu de mettre l'enroulement supplémentaire sur le fil du milieu, on peut le mettre en série avec chaque induit en réali-

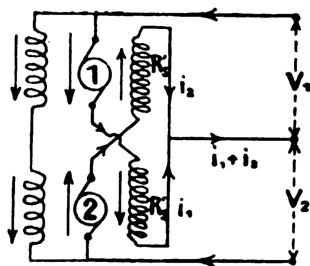


Fig. 7.

sant toutefois les connexions comme l'indique la figure 7. On a, en effet, pour cette dernière disposition

$$V'_1 = e_0 + i_1 (r + R'_s) - K i_2$$
$$V'_2 = e_0 - i_2 (r + R'_s) + K i_1$$

d'où on déduit

$$V'_1 = V'_2 = e_0 + (i_1 - i_2)(r + R'_s) \quad (6)$$

si $K = r + R'_s$.

Il s'agit ici d'un véritable compoundage ordinaire; le système fonctionne comme l'ensemble de deux machines compound avec les excitations en série interchangées.

Quant au choix entre les trois dispositions décrites, on remarquera que la première est la plus simple et celle qui donnera le meilleur rendement puisqu'elle ne comporte pas d'enroulements supplémentaires. Par contre, elle a l'inconvénient de baser le réglage sur une allure spéciale de la courbe du magnétisme, dont l'obtention peut présenter quelques difficultés.

Les arrangements indiqués par les figures 6 et 7 n'entraînent pas ces difficultés; quelle que soit la courbe du magnétisme, pourvu qu'elle satisfasse aux conditions requises pour le compoundage ordinaire, elle peut servir au but avec une excitation en série comme il vient d'être indiqué, ces excitations pouvant d'ailleurs être modifiées par des résistances en parallèle.

Pour comparer les dispositions des figures 6 et 7 entre elles, on remarquera que, puisque le courant i_1 ne diffère pas très sensiblement de i_2, le courant qui provoque le compoundage est dans la disposition figure 6 à peu près le double de celui qui sert au même but dans la disposition figure 7. Comme la force magnétomotrice supplémentaire requise pour chaque machine est à peu près la même dans les deux cas, si la densité de courant est la même, la longueur de l'enroulement en série est, dans le premier, la moitié environ de celle nécessaire dans le second et les pertes par effet Joule dans l'enroulement supplémentaire sont les mêmes. Au point de vue du rendement, les deux dispositions sont donc équivalentes; la disposition figure 7 serait alors préférable; elle peut être réalisée par deux machines compound ordinaires.

Il y a une remarque qui s'applique toutefois aux trois solutions du problème et qui

a une réelle importance : ces solutions demandent, en effet, toutes l'emploi de deux machines absolument séparées ; celles-ci ne peuvent avoir ni le même système inducteur, ni le bobinage de l'induit fait sur le même noyau, dispositions souvent employées dans les égalisateurs de tension ordinaires (fig. 3) et qui diminue le prix des machines et améliore le rendement total.

Un autre élément important pour le fonctionnement des égalisateurs de tension est la vitesse de rotation de leurs induits. Considérons d'abord l'égalisateur de tension ordinaire (fig. 3).

Les équations (3) peuvent être écrites comme suit :

$$e_0 = V_1 - i_1 r = n N \mathcal{N}_0$$
$$e_0 = V_2 + i_2 r = n N \mathcal{N}_0$$

d'où

$$N = \frac{V_1 - ir}{n \mathcal{N}_0} = \frac{V_2 + ir}{n \mathcal{N}_0} = \frac{V_1 + V_2 - (i_1 - i_2) r}{2n \mathcal{N}_0}; \quad (7)$$

n est le nombre de fils comptés à la périphérie de l'induit et $\mathcal{N}_0$ le flux créé par l'excitation à travers l'armature ; $V_1 + V_2$ est la différence de potentiel entre les fils extrêmes que nous supposons constante. Le nombre de tours par seconde N diminue lorsque $(i_1 - i_2)$ augmente. En appelant η le rendement industriel des induits, on doit avoir $\eta^2 = \frac{V_2 i_2}{V_1 i_1}$ et puisque V_1 ne diffère pas beaucoup de V_2, on peut écrire aproximativement

$$\eta^2 = \frac{i_2}{i_1} \quad \text{et} \quad i_1 - i_2 = i(1 - \eta^2).$$

De là on déduit que $i_1 - i_2$ augmente, et que par conséquent la vitesse diminue, pour toute augmentation de i_1, si le produit $i_1(1 - \eta^2)$ augmente, et qu'elle augmente si pour une augmentation de i ce produit diminue.

L'équation (7) peut s'écrire

$$N = \frac{V_1 + V_2 - (1 - \eta^2) i_1 r}{2n \mathcal{N}_0}$$

en la différentiant par rapport à η^2 et à i_1, on a

$$dN = r \frac{-di(1 - \eta^2) + i\,d\eta^2}{2n \mathcal{N}_0}. \quad (8)$$

Pour un courant donné i_1 à travers l'induit de la machine fonctionnant comme moteur, la vitesse augmente avec i_1 si

$$-di_1(1 - \eta^2) + i_1\,d\eta^2 > 0, \quad \text{ou} \quad \frac{d\eta^2}{di_1} > \frac{1 - \eta^2}{i_1};$$

dans le cas contraire une augmentation de i entraîne une diminution de la vitesse. Cette dernière est maxima lorsque $\frac{d\eta^2}{di_1} = \frac{1 - \eta^2}{i_1}$. Tâchons de nous rendre compte graphiquement des conclusions analytiques que nous venons de trouver.

Soit RBNM (fig. 8) la courbe représentant le carré du rendement d'un des induits [1] ; OA est le courant de circulation des deux induits lorsque les deux ponts sont équilibrés ou, pour mieux dire, lorsque $V_1 = V_2$; à ce moment-là le produit des rendements des deux machines, suivant les conventions faites, doit être considéré comme égal à — 1, car la machine 2 ne donne pas d'énergie, mais elle en absorbe au contraire une quantité égale à celle de l'autre machine. OB est le courant absorbé par la machine 1 lorsque la différence de potentiel aux bornes de la machine 2 est égale à sa force électromotrice. La partie BR de la courbe se rapporte donc à la période pendant laquelle les deux machines fonctionnent comme moteurs, et la partie BM à la période pendant laquelle la machine 2 fonctionne comme génératrice. Pour un point P de cette courbe $OC = i$, $GP = 1 - \eta^2$, $\frac{1 - \eta^2}{i_1} = \tang \beta$ et finalement $\frac{d\eta^2}{di_1}$ est la tangente de l'angle α

[1] A la rigueur, il faudrait tracer la courbe du produit $\eta_1 \eta_2$ des rendements des deux induits, puisque pour chaque valeur de i_1, la charge des deux induits est différente. Comme nous ne pouvons faire ici que des raisonnements qualitatifs et que d'autre part nous avons déjà admis que l'égalisateur égalise parfaitement, ce qui n'est pas exact, on peut aussi admettre qu'à chaque instant le rendement des deux induits est le même et parler du carré de ce rendement au lieu du produit des deux. Rien n'empêche, d'ailleurs, de considérer la courbe RBMN comme celle du produit $\eta_1 \eta_2$.

que la tangente à la courbe au point P fait avec l'axe des abscisses. Le produit $(1 - \eta^2) i_1 = (i_1 - i_2)$ est représenté par la surface du rectangle IGPH, celle-ci multipliée par r donne la quantité $(i_1 - i_2) r$ qui détermine la

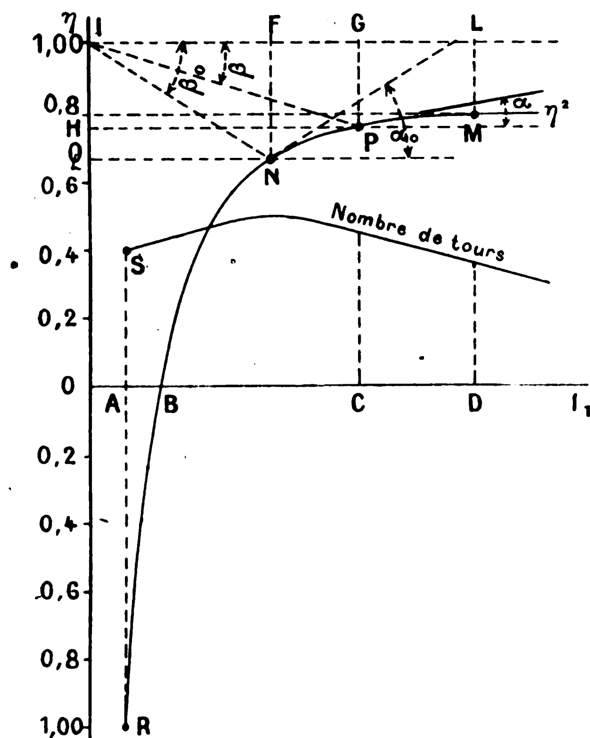


Fig. 8.

variation de N suivant l'expression (8). Si l'on trace le même rectangle pour le point M, on obtient évidemment une surface plus grande, par conséquent lorsque i_1 passe de la valeur OC à la valeur OD la vitesse diminue.

Le point N est celui qui correspond à la vitesse maxima ; il a été trouvé par tâtonnements de façon que $\alpha_0 = \beta_0$. Il est aisé, à l'aide du diagramme, de tracer l'allure de la courbe donnant le nombre de tours N de l'égalisateur en fonction du courant i_1 : cette courbe aura une forme analogue à ST ; S étant le point dont l'ordonnée est le nombre de tours lorsque $i_1 = i_2$.

Quant à l'importance des variations de vitesse, nous dirons que ces dernières sont en général faibles. On remarquera, en effet, que la vitesse de l'égalisateur varie encore moins que celle de l'ensemble des deux machines fonctionnant comme moteurs reliés en série et alimentés à différence de potentiel constante ; car, dans ce dernier cas, on aurait

$$N_1 = \frac{V_1 + V_2 - 2ir}{2 \mathcal{C}_0 n}$$

i étant le courant commun des deux induits ; et on a évidemment $dN_1 > dN$ pour une même variation du même courant dans l'induit de l'égalisateur qui fonctionne comme moteur.

De ce qui précède, on déduit donc qu'un égalisateur de tension ordinaire n'a pas sa vitesse minima ou maxima à vide, et que son fonctionnement, même au point de vue qualitatif, ne doit pas être expliqué en admettant, comme on le fait souvent, qu'en augmentant la différence $V_1 - V_2$ (ce qui arrive lors d'une augmentation du déréglage) la vitesse augmente ; nous venons de voir qu'il peut bien souvent arriver le contraire. D'ailleurs, ce genre d'explication ne pourrait pas être appliqué aux dispositions des figures 6 et 7, car, dans celles-ci, V'_1 est toujours égal à V'_2.

Tout ce que nous venons de dire relativement à la vitesse de rotation des égalisateurs de tension s'applique, sans aucune modification, aux trois dispositions décrites pour obtenir le partage parfait de la tension totale.

On remarquera toutefois qu'au point de vue de la promptitude du réglage, il faut préférer la disposition qui, à égalité de déréglage, donne la moindre variation de vitesse. Des expressions (4) (5) et (6), en appelant V la différence de potentiel entre les fils extrêmes et en conservant les notations précédentes, on tire

$$N = \frac{V - r(i_1 - i_2)}{2n \mathcal{C}_0}$$

pour les dispositions des figures 4 et 6 ;

$$N = \frac{V - 2(R'_s + r)(i_1 - i_2)}{2 \mathcal{C}_0 n}$$

pour la disposition de la figure 7.

De là on déduit que les dispositions des

figures 4 et 6 donnent les mêmes vitesses pour les mêmes valeurs de $(i_1 - i_2)$. Cependant, pour une variation di_1 du courant à travers l'induit fonctionnant comme moteur, la variation de $(i_1 - i_2)$ est plus grande dans la disposition de la figure 6 que dans la disposition de la figure 4, parce que le rendement η d'un des induits est, dans la première, plus petit que dans la seconde, à cause des pertes dues à l'enroulement en série supplémentaire ; les différences ne peuvent cependant être que très faibles.

Par contre, la disposition de la figure 7, pour une même variation di_1 du courant à travers l'induit fonctionnant comme moteur, donne une variation de vitesse plus que double de celle que l'on aurait dans les dispositions des figures 4 et 6. Aussi ne doit-elle pas être préférée, malgré sa simplicité, lorsque la promptitude du réglage est une qualité nécessaire.

De ce qui précède, on déduit que, dans tous les égalisateurs de tension, la vitesse est une fonction du déréglage et que, par conséquent, ces appareils ne peuvent guère atteindre leur but lorsque les déréglages sont grands et très brusques.

Les dispositions décrites ayant pour but de rendre le fonctionnement des égalisateurs de tension plus conforme à leur nom, ne sont applicables qu'aux réseaux à trois conducteurs. Nous venons de voir, en effet, qu'en tout cas, l'égalisation est produite par une action réciproque entre les deux machines, et qu'à chaque déréglage correspond une vitesse déterminée des deux induits. Dans un réseau à cinq fils, par exemple le courant dans un des induits de l'égalisateur est fonction du déréglage dans les quatre ponts à la fois, et il devrait en être de même pour son excitation supplémentaire ; en outre, les induits ne pourraient pas avoir la même vitesse. Il est cependant possible d'employer deux égalisateurs indépendants comme ceux que nous avons décrits, l'un d'eux maintenant le voltage du premier pont égal à celui du second, l'autre atteignant le même but pour le troisième et le quatrième; tandis que l'égale répartition du voltage total entre le premier et le troisième fil et entre celui-ci et le cinquième, devrait être assuré par un réglage fait à la station centrale ou par des égalisateurs reliés à ces fils; on pourrait ainsi alimenter le réseau par des feeders à trois conducteurs ou à deux seulement.

C. Del Proposto.

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

MOTEURS A COURANTS CONTINUS

Les moteurs de MM. T. Blackwood, Murray et G. Johnston [1] sont destinés à fonctionner à des vitesses très variables et sans aucun décalage de balais quelle que soit la charge. Les inventeurs arrivent à ce double but en combinant l'emploi de deux ou plusieurs induits montés sur le même arbre et aboutissant à des collecteurs distincts, et de petits pôles comme ceux préconisés par MM. Menges (1884) et Swinburne (1890).

L'arbre A (fig. 1, 2 et 3) porte deux noyaux d'induit B C, sur lesquels sont bobinés deux ou plusieurs enroulements aboutissant chacun à un collecteur distinct. Les inducteurs D, E ont chacun deux épanouissements polaires embrassant les deux armatures. Pour faciliter la commutation difficile à obtenir sans étincelles dans les moteurs où les augmentations de vitesse s'obtiennent par affaiblissement du

(1) Brevet anglais, n° 23418, 5 figures; déposé le 12 octobre 1897, délivré le 27 novembre 1897.

champ, on dispose des petits pôles auxiliaires FG dont l'emploi est particulièrement commode avec le système d'inducteur et

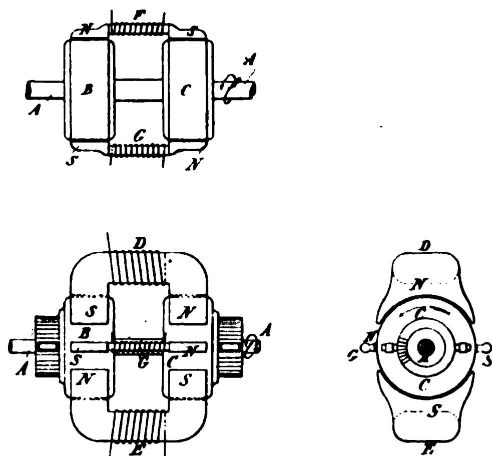


Fig. 1, 2 et 3. — Moteur à pôles auxiliaires T. B. Murray et G. Johnston.

d'armature double employé. Les enroulements des petits pôles sont traversés par le courant principal de l'induit. Dans le cas d'enroulements induits en anneau les deux électro-aimants FG sont nécessaires, mais dans le cas d'enroulements en tambour un seul par paire de pôles inducteurs est suffisant.

Les différentes vitesses s'obtiennent par le montage bien connu des induits en série ou en quantité pour les faibles ou grandes vitesses.

Les perfectionnements aux moteurs générateurs à courant continu proposés par MM. Brab et Knoche [1] utilisent une propriété que beaucoup d'électriciens ignorent sans doute; c'est pourquoi nous nous empressons de la leur faire connaître.

La particularité de l'invention consiste en un moteur à courant continu qu'on aurait muni d'un second enroulement induit et d'un second enroulement inducteur. Il n'y a là rien de nouveau pour nous, direz-vous; oui sans doute, mais voyons l'explication du fonctionnement de cet appareil représenté schématiquement sur la figure 4.

« Si l'on envoie un courant par le conducteur 1, il se partagera en deux parties, l'une passant par le balai *b* à travers l'induit f_1 et

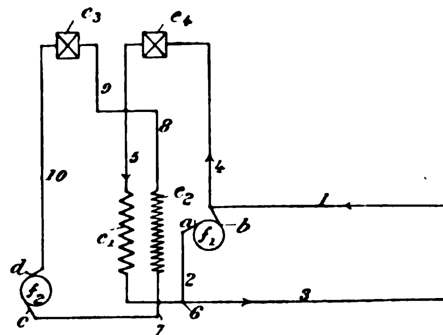


Fig. 4. — Schéma des circuits du transformateur-moteur Brab et Knoche.

retournant à la source par le balai *a*, le conducteur 2 et la ligne 3; l'autre traversant l'inducteur e_1 et sa résistance de réglage, si bien que l'armature va se mettre en mouvement comme un moteur ordinaire. Un courant, disent les inventeurs, va alors être induit dans le second enroulement de l'inducteur de la machine, lequel va traverser la résistance de réglage de l'induit f_2 pour venir *s'unir* au courant induit par la rotation de l'armature f_2 dans le champ, de sorte qu'un courant puissant pourra être recueilli aux balais *c d* de l'armature f_2. »

Ces conditions d'induction *exceptionnellement favorables* permettent, paraît-il, de se rendre compte de ce fait, peut-être invraisemblable à première vue, mais non moins exact, à savoir que le courant débité par la machine a une plus grande intensité et une plus grande tension que le courant qui lui est fourni.

Nous sommes obligés d'avouer que nous ne nous rendons aucun compte de ce fait singulier, pas plus du reste que nous n'avons compris pourquoi dans les vues du moteur-transformateur que donnent MM. Brab et Knoche on met sur un anneau Gramme pour machine à quatre pôles deux balais seulement et encore juste sur les pôles. Des explications complémentaires s'imposent; espé-

[1] Brevet anglais, n° 26864, 3 figures; déposé le 26 novembre 1896, délivré le 26 novembre 1897.

rons que les inventeurs ne manqueront pas de nous mieux initier à ces principes paradoxaux mais exacts, exacts mais paradoxaux.

Pour conserver le même champ dans les moteurs shunts à vitesse variable alimentés par batterie d'accumulateurs, M. T.-H. PARKER [1]

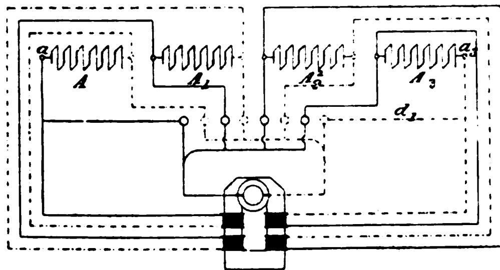


Fig. 5. — Schéma des connexions pour moteur à champ constant et à vitesse variable de Parker (4 batteries en parallèles).

partage l'enroulement inducteur en autant de circuits séparés c, c_1, c_2, c_3 (fig. 5, 6, 7) qu'il

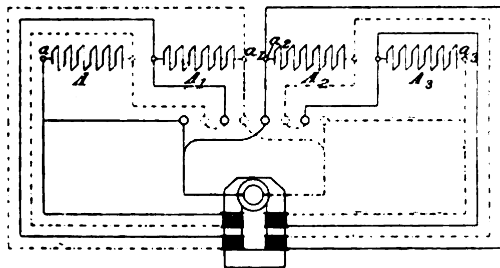


Fig. 6. — Schéma des connexions pour moteur à champ constant et à vitesse variable de Parker (2 batteries en parallèle et 2 en série).

peut y avoir de tronçons A, A_1, A_2, A_3 dans la batterie d'alimentation.

Chacune des sections des inducteurs est mise en dérivation aux bornes aa, a_1a_1, a_2a_2, a_3a_3, de chacune des portions de la batterie par des conducteurs spéciaux bb, b_1b_1, b_2b_2, b_3b_3, tandis que les extrémités de chaque tronçon aboutissent à 8 bornes qui permettent soit de mettre les quatre portions en quantité (fig. 5), soit deux à deux en quantité et les deux groupes en série (fig. 6), soit les quatre portions en série (fig. 7).

L'induit alimenté par la batterie sous ses

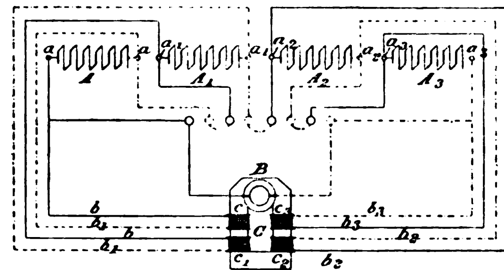


Fig 7. — Schéma des connexions pour moteur à champ constant et à vitesse variable de Parker (4 batteries en série).

divers groupements peut ainsi tourner à une certaine vitesse, au double de cette vitesse ou au quadruple de cette vitesse sans variation du champ inducteur et, par suite, sans difficulté dans la commutation du courant de l'induit.

Le moteur-transformateur de MM. SIEMENS et H. COOK LEAKE [1] repose sur un principe intéressant et permet d'obtenir aux bornes de la génératrice une tension variable suivant une loi désirée, pour une alimentation à potentiel constant aux bornes du moteur.

L'arbre (fig. 8 et 9) porte deux noyaux d'induit A et B et deux enroulements disposés, l'un a sur un seul des noyaux, et l'autre b à la fois sur les deux noyaux, chacun d'eux aboutissant à un collecteur distinct, a_1 ou b_1. A chacun de ces noyaux correspond un inducteur distinct ; mais ces deux inducteurs sont disposés de façon à ce que le rapport des nombres d'ampèretours des deux champs reste constant lorsque le courant d'excitation varie. On arrive facilement à ce but en enroulant l'ensemble des deux noyaux C et D avec un seul circuit W disposé en série dans le circuit du moteur ou de la génératrice ou en dérivation (fig. 8) aux bornes de l'un ou de l'autre de ces deux appareils. Les deux circuits

[1] Brevet anglais, n° 2578, 3 figures; déposé le 1er février 1897, délivré le 18 décembre 1897.

[1] Brevet anglais n° 7646, 3 figures; déposé le 24 mars 1897, délivré le 17 février 1898.

magnétiques inducteurs ont une section telle que l'un soit voisin de la saturation magnétique tandis que l'autre soit au contraire très éloigné de celle-ci. L'emploi d'un inducteur en fonte dans le premier cas et d'un inducteur en acier dans le second permet d'obtenir ce résultat très simplement.

Le courant d'excitation est réglé à l'aide d'un rhéostat R, mais on peut aussi employer un enroulement inducteur compound.

S'il s'agit d'un moteur générateur dont la tension doit être augmentée avec la charge, on voit qu'une augmentation du courant d'excitation diminuera très peu la vitesse du moteur alimenté par les conducteurs $a_2 a_3$, tandis qu'elle augmentera dans une proportion beaucoup plus grande le flux et par suite la tension aux bornes de la génératrice et du réseau $b_2 b_3$ qu'elle alimente.

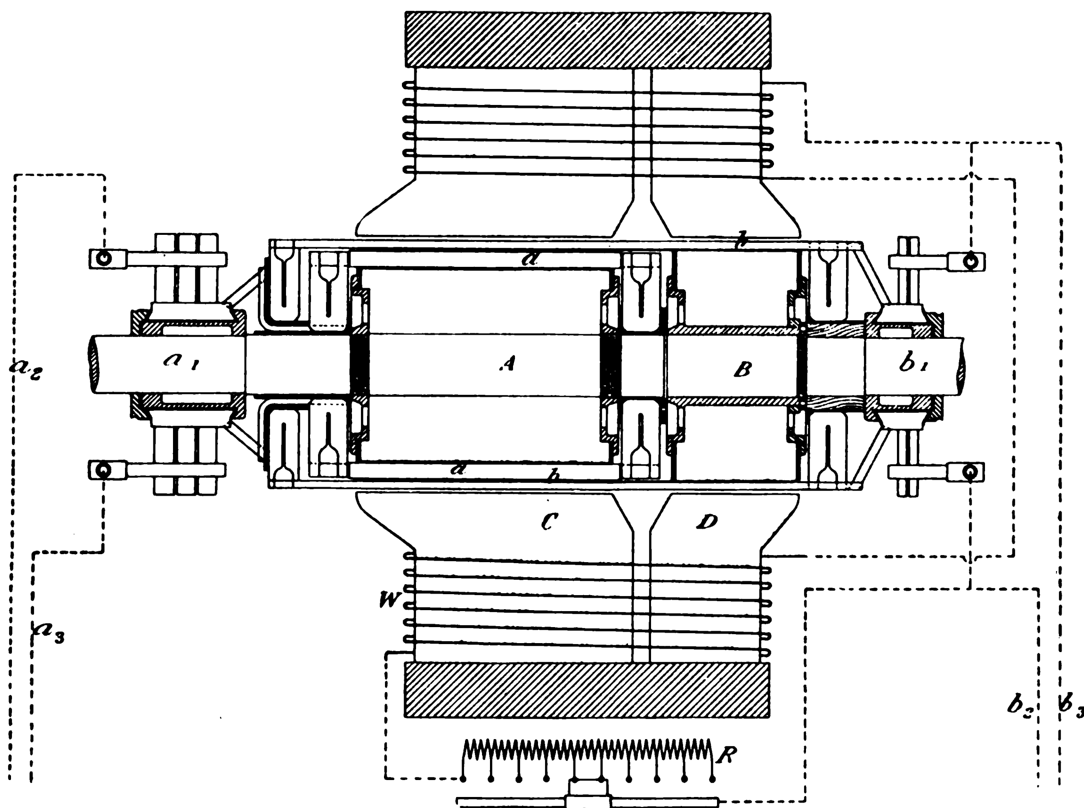


Fig. 8. — Transformateur-moteur Siemens et Leake (inducteurs distincts).

Au lieu d'employer deux circuits magnétiques inducteurs séparés, on peut se contenter d'un seul (fig. 9) dont chaque noyau a deux pièces polaires distinctes disposées chacune en face d'une armature.

Dans ce cas, tandis que le noyau principal est pourvu d'un enroulement en déviation aux bornes du moteur ou de la génératrice sans rhéostat de réglage, les épanouissements polaires C et D portent chacun une bobine *c* et *d* enroulé en sens contraire comme le montre la figure 10. Les deux bobines *c* et *d* sont montées en série et leur ensemble est disposé en série, avec le courant dans le moteur ou dans le générateur ou en dérivation aux bornes de l'un de ces deux appareils avec un rhéostat de réglage, ce qui est le cas de la figure 9.

Une augmentation du courant dans les bobines *c* et *d* diminue le flux en C et l'augmente en D; le moteur tourne donc plus vite et la tension aux bornes du générateur est augmentée du fait de l'augmentation de vitesse

et de celle de flux passant à travers les pièces polaires D, la tension induite dans la partie de l'enroulement *b* située dans l'armature A restant constante.

Les perfectionnements de M. van Heemstede Obeld (¹) sont relatifs aux moteurs de faible puissance et ont pour but principal de maintenir la vitesse rigoureusement constante par l'emploi d'un régulateur à force centrifuge et d'un frein.

Le dispositif de M. van Obeld est représenté sur les figures 11, 12 et 13 où le moteur est employé à la conduite d'un phonographe E. Le moteur est placé dans une caisse C sur le couvercle D de laquelle est disposé le phonographe ; son induit est monté sur un arbre, creux sur une partie de sa longueur, lequel

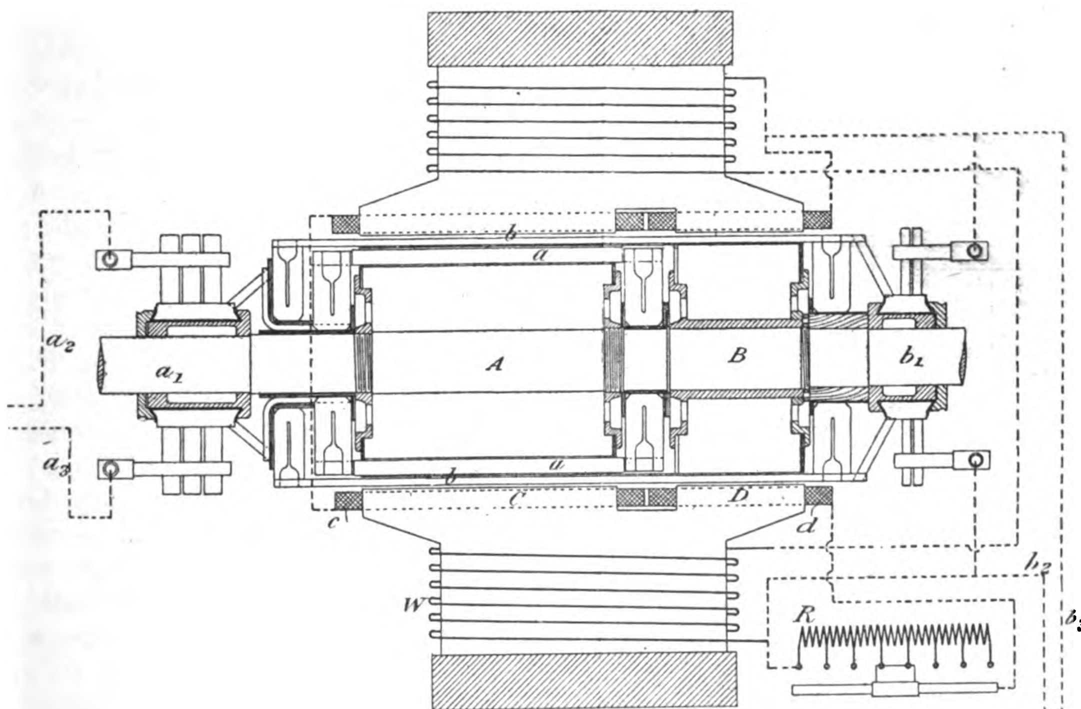


Fig. 9. — Transformateur-moteur Siemens et Leake (inducteurs communs).

est supporté par une sorte d'étrier F portant un coussinet E et est maintenu par un support *a* et par un second palier *g* placé entre les deux électros H du moteur. Les pièces polaires G sont fixées dans la caisse par quatre supports a_1.

Sur l'arbre H est claveté un disque J sur la périphérie duquel sont attachés quatre ressorts *h* portant des poids *j* en leur milieu et ayant leurs autres extrémités attachées de la même façon sur un second disque J' claveté sur un manchon K lequel est libre de coulisser le long de l'arbre B.

Lorsque l'action de la force centrifuge écarte les boules au-delà d'une certaine limite facilement réglable, le manchon vient buter contre deux goujons kk_1 fixés sur une tige L, comme cela est montré plus en détail sur la figure 14, tige qui est logée dans l'arbre B et est entraînée dans son mouvement par les goujons kk_1, lesquels passent à travers les deux trous *m* pratiqués dans l'arbre.

La tige porte à son extrémité libre un disque *n* sur lequel vient s'appuyer le sabot du

(¹) Brevet anglais n° 2721, 7 figures ; déposé le 3 février 1897, délivré le 1er janvier 1898.

frein constitué par une vis O portée par le support M.

Fig. 10. — Schéma d'enroulement des bobines auxiliaires du transformateur-moteur Siemens et Leake à inducteurs communs.

Suivant qu'on enfonce plus ou moins cette vis on limite le rapprochement qui peut

Fig. 11, 12 et 13. — Vues d'un moteur Obeld.

s'opérer entre les deux disques JJ′ et par suite les variations possibles de la vitesse du moteur, que l'action du frein tend à rendre parfaitement constante.

La commande du phonographe se fait à l'aide de la courroie N_1 et de la poulie N_2.

La mise en marche du moteur s'obtient par un commutateur relié aux bornes par les fils *d* 1, formé de deux lames de ressort

Fig. 14. — Coupe de l'arbre et du frein du moteur Obeld.

pp_1 séparées par une plaque de fibre p_2 qu'on peut réunir électriquement à l'aide de la pièce p_3 fixée à une poignée p_4.

Les inventeurs donnent également la description d'un dispositif analogue où le régulateur à force centrifuge est commandé par une vis sans fin et tourne dans une direction perpendiculaire à celle de l'arbre du moteur.

Dans un récent brevet anglais, M. F.-A. Johnson (¹) indique plusieurs procédés pour faciliter la commutation dans les machines à tension variable ou dans les moteurs où la variation de la vitesse dans une très large mesure s'obtient uniquement par la variation du champ inducteur. Tous ces procédés consistent à conserver la même intensité de champ sous la corne polaire dans le voisinage de laquelle se trouvent les sections au moment de la commutation, la variation du champ se faisant sur le reste de l'arc polaire.

Le procédé montré sur la figure 15, d'ailleurs déjà proposé pour les génératrices, par M. Mueller, en 1888 (²), consiste à faire varier la réluctance du circuit. A cet effet les noyaux inducteurs, excités par un courant de tension constante par les bobines 2 et 3, sont creux et contiennent deux pièces de fer doux 8 et 9 qu'on peut enfoncer plus ou moins dans les trous à l'aide des vis 10 et 11. On modifie ainsi uniquement l'intensité du champ dans les pièces mobiles sans changer sa valeur dans

(¹) Brevet anglais n° 1380, 6 figures; déposé le 18 janvier 1898.

(²) Voir *Lumière Électrique*, t. XXX, p. 322, 1888.

la partie fixe du noyau et par suite sous les cornes polaires.

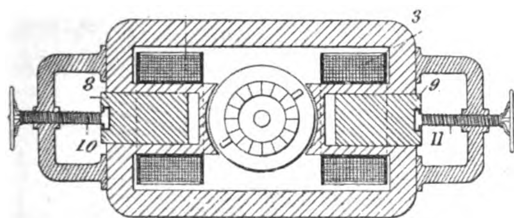


Fig. 15. — Moteur à résistance magnétique variable Mueller-Johnson.

Avec le dispositif de la figure 16 qui se rapporte à une machine du type Manchester, le même résultat est obtenu, en logeant dans

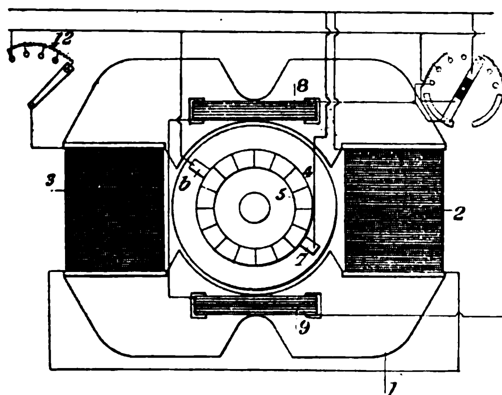


Fig. 16. — Dispositif de Johnson pour moteur à vitesse variable, type Manchester.

les pièces polaires des bobines 8 et 9 dont la largeur est un peu inférieure à celle de ces pièces polaires. L'excitation fournie par les bobines 2 et 3 qui sont en dérivation sur le réseau est encore constante et la variation du

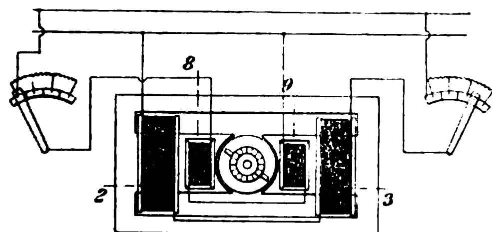


Fig. 17. — Dispositif de Johnson pour moteur à vitesse variable, type Lahmeyer.

flux traversant l'induit est obtenue en faisant varier le courant dans les bobines 8 et 9 lesquelles sont enroulées dans un sens convenable pour produire un flux en sens contraire de celui du système inducteur normal. Le rhéostat indiqué à droite de la figure est disposé pour permettre la marche dans un sens ou l'autre.

Ce dernier dispositif peut s'appliquer à un type quelconque de machine à courant continu, la figure 17 se rapporte à l'emploi de ce dispositif avec une carcasse inductrice du type Lahmeyer.

Une troisième disposition (fig. 18) est basée

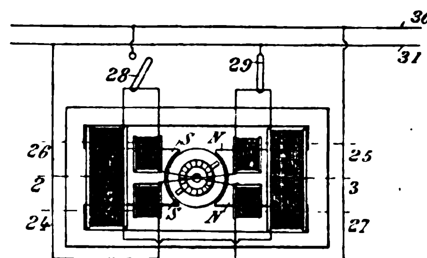


Fig. 18. — Moteur à vitesse variable de Johnson.

sur l'emploi de bobines spéciales 24, 25, 26 et 27 pour renforcer le champ sous les cornes polaires. Ces bobines sont disposées en série avec les inducteurs normaux 2 et 3 de façon à ce que les flux magnétiques soient de même sens que dans ces derniers. De plus deux commutateurs 28 et 29 placés l'un sur un pôle du réseau et l'autre sur le second pôle permettent d'obtenir différents groupements.

Si les deux commutateurs sont fermés, on voit facilement que seuls les électros 1 et 2 sont en service, chacun des deux groupes de bobines auxiliaires étant fermé sur lui-même; le flux induction est alors maximum et la vitesse minima.

Le commutateur 28 étant ouvert, les bobines auxiliaires 24, 25 sont mises en série avec les inducteurs 2 et 3; le champ dans ceux-ci se trouve diminué, mais les premières le ramènent à sa valeur normale sous la corne polaire où se fait la commutation.

Les bobines 26 et 27 serviraient dans le cas des marches en sens contraire.

Enfin les commutateurs peuvent être remplacés par un rhéostat avec résistances varia-

bles permettant d'obtenir un plus grand nombre de vitesses différentes.

Dans un dernier dispositif (fig. 19) le mo-

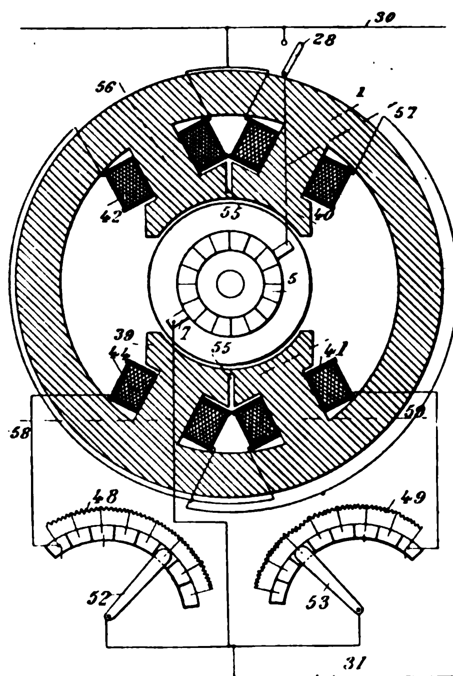


Fig. 19. — Moteur Johnson à double circuit inducteur pour vitesse variable.

teur possède deux systèmes inducteurs bien distincts : l'un, formé par les bobines 41 et 42, est l'enroulement normal et l'autre constitué par les bobines 43, 44, l'enroulement auxiliaire destiné à maintenir un champ suffisant pour faciliter la commutation dans le voisinage des cornes polaires 39 et 40.

Tous ces procédés, sauf le premier, même si les bobines auxiliaires sont très voisines de l'entrefer seront d'une efficacité douteuse, car le potentiel magnétique tendra toujours à s'égaliser le long des pièces polaires et le renforcement du flux, s'il existe aura plutôt lieu vers l'intérieur de la corne que vers l'extérieur.

Beaucoup plus sérieux et plus efficace est le procédé préconisé par la Société Salmson et Cie (¹) qui utilise du reste le principe bien connu des enroulements compensateurs dont l'idée première due à M. Menges, remonte à 1884(¹).

Les enroulements compensateurs F sont logés dans des encoches E (fig. 20) et réunis

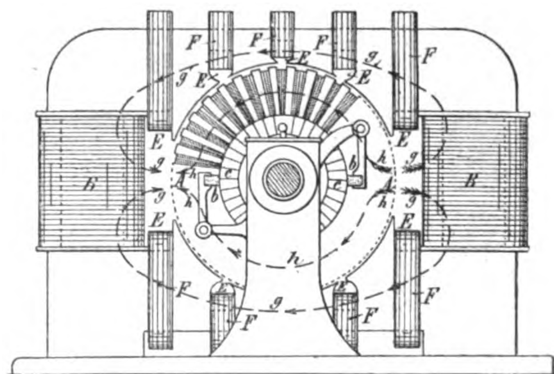


Fig. 20. — Moteur Salmson à vitesse variable.

en série avec l'armature. Le nombre d'ampèretours doit être égal à celui de l'armature et les enroulements sont tels que les flux des bobines E disposés sur chacune des pièces polaires s'ajoutent entre eux et sont opposés à celui de la demi-armature embrassée par chaque pièce polaire comme le montrent les flèches *h* et *g*.

La réaction d'induit se trouve ainsi annulée, comme dans l'application du même dispositif avec une génératrice, et avec elle le décalage des balais, de sorte que le moteur peut indifféremment tourner dans un sens ou dans l'autre. De plus si le nombre des sections de l'induit est suffisant, la commutation se fera sans étincelles aussi faible que soit le champ inducteur. Une variation de vitesse dans le rapport de 1 à 3 peut ainsi facilement être obtenue par simple variation du champ inducteur.

Le moteur Salmson est plus spécialement étudié pour la conduite des pompes centrifuges aspirant à des niveaux très variables et nécessitant par conséquent une vitesse également variable du moteur.

(¹) Brevet anglais n° 21851, 3 figures ; déposé le 23 septembre 1897, délivré le 18 juin 1898.

(¹) Voir « Les dynamos à courants continus », par M. J. Fischer-Hinnen, p. 241, et le brevet allemand de 1894, n° 36465, de M. Menges.

Pour régulariser le débit de la pompe quelle que soit la hauteur d'aspiration, l'inventeur emploie un rhéostat automatique réglé par le débit lui-même.

Ce rhéostat, représenté schématiquement

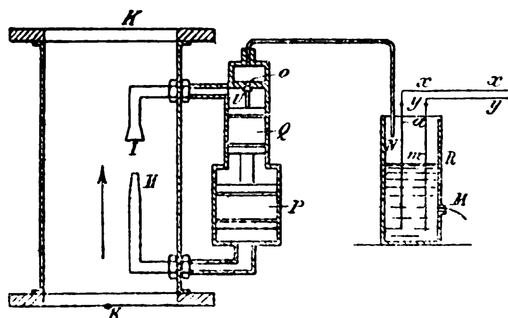


Fig. 21. — Rhéostat automatique Salmson pour moteur à vitesse variable.

sur la figure 21, est placé en série sur le circuit inducteur lorsqu'il s'agit d'un moteur excité en dérivation.

Il se compose d'un bac R dans lequel sont plongées les deux plaques *a* et *m* et en série avec le circuit d'excitation. Une ouverture M permet au liquide de s'écouler tandis qu'un tube N le remplace automatiquement de la manière suivante :

La conduite KK traversée par l'eau enlevée par la pompe contient deux petits tubes I et H, l'un à extrémité évasée, l'autre à extrémité un peu effilée. Ces deux tubes communiquent avec un cylindre formé de deux parties d'un diamètre différent et dans lequel agit un système de deux pistons différentiels P et Q. Le piston Q porte une petite tige V munie d'un obturateur tronconique qui s'engage dans une ouverture de même forme pratiquée dans le fond d'un petit réservoir qui communique avec le tube N.

Lorsque le liquide est immobile dans la conduite, la différence des pressions totales sur les pistons P et Q ferme l'orifice *o*. Si l'on met la pompe en route en ayant soin de remplir au préalable le vase R, la différence des pressions totales sur les deux cylindres change de sens et ouvre l'ouverture *o* plus ou moins, aussi le moteur qui avait augmenté de vitesse pendant l'écoulement du liquide du vase par l'orifice M, diminue maintenant de vitesse jusqu'à atteindre une vitesse d'équilibre qui s'obtiendra lorsque le niveau du rhéostat restera fixe.

Dans ces conditions, si le débit vient à diminuer, la différence de pression diminuant, le trou *o* se bouchera plus ou moins et le niveau tombera en R, faisant ainsi augmenter la vitesse jusqu'à rétablissement d'un nouveau débit correspondant à l'équilibre. De même en cas d'augmentation du débit, l'affluence d'eau est plus considérable en N et le niveau monte, ce qui diminue la vitesse jusqu'à obtention d'un régime stable.

Avec un moteur excité en série, le rhéostat doit être placé en dérivation aux bornes du circuit inducteur et agit dans un sens contraire au précédent, il suffit évidemment de renverser le mode d'action du bouchon tronconique en le plaçant au-dessus de l'ouverture *o* et en le disposant en sens contraire.

C.-F. Guilbert.

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ ALLEMANDE D'ÉLECTROCHIMIE (1)

Réduction graduelle du nitrobenzène avec limitation du potentiel cathodique

Tel est le sujet de la communication de M. Häber, de Karlsruhe. En se servant du courant électrique pour provoquer des réactions organiques, on se bornait jusqu'à présent à tenir compte de sa densité, de sa durée, quelquefois aussi de la nature des électrodes.

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 93 et 504, t. XVII, p. 105.

****

On oubliait que les phénomènes d'oxydation et de réduction dépendent en première ligne du potentiel des électrodes et que la densité du courant, sa durée et la matière des électrodes n'ont d'importance qu'autant qu'elles déterminent ce potentiel ou le modifient. L'auteur prend comme exemple la réduction du nitrobenzène en solution alcoolique alcaline, alcoolique sulfurique et en solution acétique. Toutes ses expériences ont été faites à la température ordinaire.

La solution alcoolique alcaline était composée de :

Nitrobenzène.	25 gr
Soude caustique	40 »
Eau	50 »
Alcool	350 »

Une lame de platine platinée présentait une différence de potentiel de — 0,72 volt vis-à-vis l'élément déci-normal (mercure, calomel, solution décime de chlorure de potassium); on considère comme nulle la différence de potentiel au contact des solutions. Pendant la polarisation cathodique de l'électrode de platine platiné, le potentiel devient de plus en plus négatif. Vers — 1,29 volt, il se forme des bulles d'hydrogène sur la cathode. Pour atteindre ce potentiel, il faut employer une densité de courant de 3,5 ampères par dm²; il convient de bien agiter l'électrolyte.

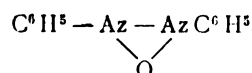
Plus on s'éloigne du potentiel — 0,72 volt pour se rapprocher de — 1,29 volt et plus est grande l'énergie de la réduction que la cathode exerce vis-à-vis le nitrobenzène dissous. Si on emploie, comme d'habitude, une densité de courant moyenne, par exemple 1,25 ampère par dm² de cathode, on reste d'abord à environ 0,2 volt au-dessous du potentiel naturel, mais peu à peu celui-ci diminue jusqu'à ce qu'on arrive au dégagement d'hydrogène. La force réductrice de la cathode ne cesse donc d'aller en augmentant et tout se passe comme si dans une réduction purement chimique on employait successivement des agents réducteurs de plus en plus énergiques. Quand la réduction ne peut se faire que d'une seule façon, comme par exemple celle de l'acide chlorhydrique en chlore, l'inconvénient est faible; mais si le produit soumis à la réduction est susceptible de donner naissance à une série de corps intermédiaires, la densité constante du courant amènera la confusion et le mélange là où le potentiel cathodique constant permettra la séparation.

La cellule électrolytique de M. Haber est en verre avec un diaphragme de papier parchemin; les deux électrodes sont en platine platiné, le milieu de la plaque cathodique porte un trou de 1 mm de diamètre par où elle peut communiquer avec l'élément déci-normal au moyen de tubes remplis d'une solution décime de chlorure de potassium. L'élément est en relation avec un électromètre capillaire relié lui-même à un contact mobile le long d'un fil; les extrémités du fil sont maintenues à des potentiels constants par un accumulateur; l'une d'elles communique avec la cathode. On peut connaître ainsi, à chaque instant, le potentiel de la cathode.

Un voltmètre de précision permet de s'assurer de la différence de potentiel aux bornes de l'accumulateur et entre les électrodes de la cellule. Le courant est fourni par des piles ou des accumulateurs, il traverse un voltamètre à cuivre et un ampèremètre.

On électrolysa d'abord la solution dont la composition a été indiquée plus haut, en s'arrangeant de manière que la différence entre la cathode et l'élément déci-normal ne dépassât pas 0,93 volt (en valeur absolue). Grâce à cette limitation, il fut possible d'employer au début un courant de 0,5 ampère qu'il fallut diminuer peu à peu pour maintenir le potentiel constant. On interrompit l'essai lorsqu'un courant de 0,5 ampère suffit à donner au potentiel cathodique des valeurs plus négatives que — 0,93 volt.

L'électrolyte renfermait, outre un peu de nitrobenzène inaltéré, presque seulement de l'*azoxybenzène*



On peut en isoler, à l'état cristallisé, 76 p. 100 de la quantité théoriquement possible, calculée d'après la quantité d'électricité qui avait passé. Il ne s'était formé que des traces d'azobenzène



$$C^6H^5 - Az = Az - C^6H^5,$$

reconnaissable à une faible coloration rouge. On peut de même, par des procédés chimiques délicats, déceler des traces d'*hydrazobenzène*



$$C^6H^5 - AzH - AzH - C^6H^5$$

et d'aniline



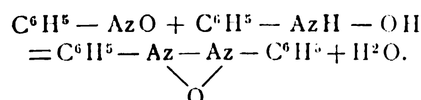
$$C^6H^5 - AzH^2.$$

Si on n'avait pas trouvé du tout de ces derniers corps, on aurait dû conclure que leur naissance est liée à l'existence d'un potentiel encore plus bas, mais il n'en est rien; ce n'est que la vitesse de leur formation qui est influencée dans une large mesure par le potentiel cathodique.

Il s'agissait de savoir maintenant si l'aniline se produisait aux dépens de l'hydrazobenzène, par réduction, ou bien par un autre processus.

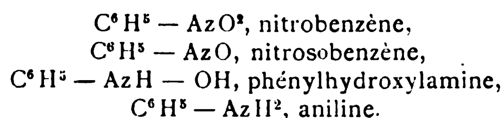
Un essai de réduction de l'hydrazobenzène au sein de la même solution que le nitrobenzène, démontra l'extrême stabilité de ce corps; un courant huit fois plus intense que dans le cas précédent et un potentiel cathodique de — 1,3 volt à — 1,47 volt ne donna que des traces d'aniline. On ne réussit pas même avec une cathode de zinc (artifice d'Elbs) qui permet de descendre jusqu'à — 1,78 volt, avec un courant de 2 ampères. On doit conclure de ces expériences que la formation de l'aniline n'est pas nécessairement précédée de celle de l'hydrazobenzène.

Il résulte des travaux de Bamberger que le nitrosobenzène et la phénylhydroxylamine réagissent quantitativement pour donner de l'azoxybenzène :



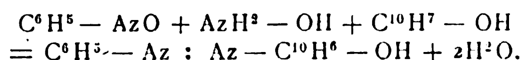
$$C^6H^5 - AzO + C^6H^5 - AzH - OH = C^6H^5 - \underset{\diagdown O \diagup}{Az - Az} - C^6H^5 + H^2O.$$

Si l'on démontre la formation du nitrosobenzène pendant l'électrolyse, on conçoit que l'on puisse arriver à l'aniline par des réductions successives :



$C^6H^5 - AzO^2$, nitrobenzène,
$C^6H^5 - AzO$, nitrosobenzène,
$C^6H^5 - AzH - OH$, phénylhydroxylamine,
$C^6H^5 - AzH^2$, aniline.

A la solution primitive de nitrobenzène, ajoutons du chlorhydrate d'hydroxylamine et de l'α-naphtol et soumettons à l'électrolyse pendant deux heures avec un courant de 0,5 à 0,6 ampère et un potentiel cathodique de 0,90 volt à 0,92 volt. On perçoit bientôt la couleur rouge caractéristique due à la formation du benzène-azo-α-naphtol :



$$C^6H^5 - AzO + AzH^2 - OH + C^{10}H^7 - OH = C^6H^5 - Az : Az - C^{10}H^6 - OH + 2H^2O.$$

On peut d'ailleurs isoler cette couleur en agitant l'électrolyte avec de l'éther, elle reste dissoute dans l'eau; on la fixe ensuite sur laine en bain légèrement acide.

Il est peu probable qu'on arrive jamais à isoler le nitrosobenzène lui-même, ce corps est instable en solution alcoolique alcaline ; de plus, il ne communique à la cathode platinée qu'un potentiel de — 0,48 volt (par rapport à l'élément déci-normal) ; pendant la polarisation cathodique, le potentiel tombe bien plus bas, si bien que la concentration du nitrosobenzène ne peut jamais atteindre de valeurs mesurables ; il est réduit au fur et à mesure en phénylhydroxylamine. Tant que le potentiel n'est pas trop négatif, ces deux produits réagissent l'un sur l'autre et forment de l'azoxybenzène. Mais si l'on opère avec des potentiels très bas, la phénylhydroxylamine prend naissance avec une vitesse telle qu'elle échappe en partie à la réaction chimique du nitrosobenzène et peut se réduire en aniline et hydrazobenzène (azobenzène).

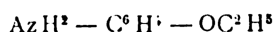
Il semble donc établi par l'auteur que l'azoxybenzène est un produit secondaire dû à une réaction chimique très rapide. Ce corps constitue un dépolarisant fort peu énergique;

dans la lessive alcoolique de soude, avec la faible densité de 0,32 ampère par dm^2 (à la cathode) le potentiel descend jusqu'à — 1,1 volt.

Nous passons maintenant à l'électrolyse du nitrobenzène en solution dans l'acide sulfurique, déjà étudiée par Elbs et Haeussermann. La solution employée avait la composition suivante :

Nitrobenzène	25 gr
Acide sulfurique	30 »
Eau	100 »
Alcool	300 »

Le platine platiné prend dans cette liqueur une charge positive, + 0,04 volt (par rapport à l'élément déci-normal). Pendant le passage du courant, ce potentiel s'abaisse naturellement ; le pouvoir dépolarisant est inférieur à celui de la solution alcaline ; pour une densité de 1 ampère par dm^2, le potentiel cathodique s'abaisse à 0,32 volt au-dessous du potentiel naturel. En électrolysant dans ces conditions, on n'obtient pas quantitativement de l'azoxybenzène, comme nous l'avons vu en solution alcaline, mais il se forme de la paraphénétidine



$$AzH^2 - C^6H^4 - OC^2H^5$$

et un produit que la vapeur d'eau n'enlève pas à une solution alcaline et qui est le paraaminophénol



$$AzH^2 - C^6H^4 - OH.$$

Ces deux substances supposent l'existence préalable de la phényl-β-hydroxylamine



$$C^6H^5 - AzH - OH.$$

Haeussermann avait déjà trouvé et l'auteur vérifia qu'il se produirait aussi de la benzidine



$$AzH^2 - C^6H^4 - C^6H^4 - AzH^2,$$

et un peu d'aniline. M. Hofer commença par s'assurer que ces deux derniers corps ne proviennent pas de la réduction de la phényl-β-hydroxylamine, avec formation intermédiaire d'hydrazobenzène. Il résolut la question en électrolysant avec un potentiel cathodique limité une solution sulfurique de phényl-β-hydroxylamine. La dépolarisation est aussi faible qu'avec une solution de nitrobenzène. Pour maintenir un potentiel cathodique de — 0,35 volt, il suffit de 0,4 ampère par dm^2. Afin de favoriser la formation d'hydrazobenzène ou de benzidine et d'empêcher celle d'aniline, on ne descendit pas au-dessous de — 0,30 volt. On ajoute lentement, pendant l'électrolyse, une solution alcoolique de phénylhydroxylamine, de façon à remplacer celle qui est réduite directement en p-aminophénol et en p-phénétidine. Un courant de 0,2 ampère-heure ne fournit pas de quantités sensibles de benzidine dans ces conditions, bien qu'il eût suffi à en donner théoriquement 1 gr. Le produit de réduction directe fut l'aniline. On constata aussi que la phénylhydroxylamine ne se condense pas avec l'aniline en hydrazobenzène.

Ces deux corps — benzidine et hydrazobenzène — proviennent par conséquent de la réduction d'une substance qui précède la phénylhydroxylamine dans l'échelle des réductions et qui n'est autre chose que l'azoxybenzène. On soumit à l'électrolyse une solution de ce corps composée, comme pour le nitrobenzène et la phénylhydroxylamine, et renfermant 6 gr d'azoxybenzène dans 350 cm^3. La réduction fut très lente : avec un courant de 2 ampères et 50 cm^2 de surface unilatérale, 5,87 ampères-heure, suffisants pour engendrer 10 gr d'hydrazobenzène ou de benzidine, ne produisirent qu'environ 1,5 gr d'un mélange de sulfates d'aniline et de benzidine ; la majeure partie de l'azoxybenzène étant restée inaltérée.

L'azoxybenzène provient ici encore de la réaction du nitrosobenzène sur la phénylhydroxylamine, mais la transformation marche plus lentement qu'en solution alcaline. On réussit à mettre en évidence l'existence du nitrosobenzène en effectuant l'électrolyse en présence de chlorhydrate d'hydroxylamine et

d'α-naphtylamine ; le bain était composé de :

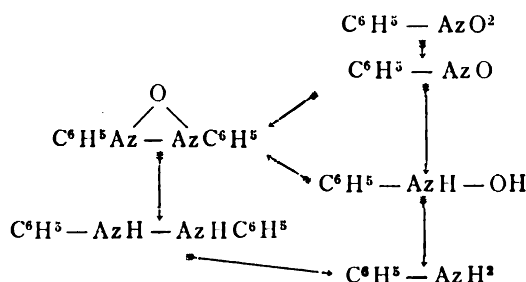
Nitrobenzène	10 gr
Alcool	250 cm^3
Acide sulfurique	100 »
Chlorhydrate d'hydroxylamine	5 gr
» α-naphtylamine	3 »

La cellule en terre poreuse plongeait dans un vase de verre, la cathode de platine poli avait une superficie de 130 cm^2. L'intensité choisie fut de 1 ampère. Il se produisit une matière colorante rouge. L'électrolyte étant rendu alcalin, on le traita d'abord par un courant de vapeur d'eau, puis on le réduisit par l'étain et l'acide chlorhydrique. La vapeur d'eau enleva maintenant de l'aniline facile à caractériser. Ces réactions successives ne peuvent être dues qu'au nitrosobenzène.

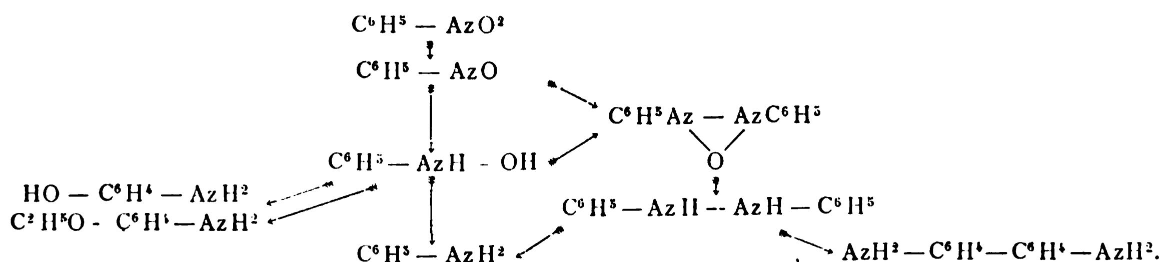
Le nitrosobenzène étant très stable en solution acide, on pouvait nourrir l'espoir de l'isoler, mais ici encore la mesure du potentiel cathodique montra l'impossibilité d'une réussite : la solution alcoolique et acide de nitrosobenzène communique à une lame de platine une charge de + 0,21 volt (par rapport à l'élément décinormal). Cette valeur, qui dépasse de 0,15 volt la différence de potentiel trouvée pour le nitrobenzène, indique nettement que le nitrosobenzène n'est susceptible d'exister qu'à une concentration infinitésimale et qu'il doit se convertir aussitôt en β-phénylhydroxylamine. A ce point de vue, l'allure de ce corps est la même en solution acide et en solution alcaline.

Les deux tableaux suivants résument clairement ces diverses réactions.

I. — *En solution alcoolique et alcaline.*



II. — *En solution acide.*



L'ensemble du processus est réglé, en somme, par la vitesse ou l'énergie de réduction, déterminée par le potentiel cathodique, et par la vitesse des réactions chimiques secondaires qui modifient de diverses manières les produits de la réduction.

On peut conclure des considérations qui précèdent que la phénylhydroxylamine doit se préparer facilement en solution acide si l'on réussit à diminuer la vitesse de sa transformation isomérique (en p-aminophénol), tout en abaissant le potentiel cathodique, de manière à descendre au-dessous de celui qui convient au nitrosobenzène et par suite à la production de l'azoxybenzène. La vitesse de transformation est, en général, comme celle

de saponification, fonction de l'acidité ou du nombre d'ions hydrogènes ; il est donc convenable d'employer comme électrolyte un acide faiblement conducteur, une température basse, une densité de courant considérable et une assez grande intensité, de façon à ne pas trop faire durer l'électrolyse.

La réalisation de ces diverses conditions est assez peu aisée ; pour y arriver l'auteur emploie un vase de verre renfermant une cellule de terre poreuse ; une solution de 10 grammes de nitrobenzène dans 215 cm^3 d'acide acétique cristallisable, le tout étendu avec de l'eau à 425 cm^3 ; une cathode de platine poli de 25 cm^2 (utilisée d'un seul côté), enfin un courant de 1,5 ampère d'abord et ensuite de 1 ampère.

Pour diminuer la résistance, l'espace anodique était rempli d'acide sulfurique étendu ; malgré cette précaution, une tension de 80 volts fut nécessaire. Il en résulta un échauffement notable que l'on combattit à l'aide d'un courant d'eau froide traversant l'électrolyte dans des tubes de verre ; la solution cathodique était de plus facilement agitée au moyen d'un courant de gaz carbonique, si bien que la température se maintint au-dessous de 20°. Pendant l'électrolyse, la résistance diminua, on put de la sorte s'abaisser peu à peu jusqu'à la force électromotrice finale de 36 volts. Un dégagement continu d'hydrogène indiquait que le potentiel cathodique était très bas.

En opérant de cette facon, il fut possible d'obtenir des quantités considérables et continues de phénylhydroxylamine. L'électrolyse dura deux jours, on utilisa 44 ampères-heure ; pendant tout ce temps on constata la production continue de phénylhydroxylamine. On caractérisa ce corps en l'oxydant par le bichromate et l'acide sulfurique ; le nitrosobenzène formé, étant chassé par la vapeur d'eau, s'écoulait en filets verts que l'on pouvait encore identifier par la transformation en benzène-azo-α-naphtol.

Les 44 ampères-heure auraient suffi théoriquement à convertir en aniline 27,5 grammes de nitrobenzène. On ne trouva cependant que 1,08 gramme d'aniline ; ce fait est bien en rapport avec le faible pouvoir dépolarisant que nous avons reconnu plus haut à la phénylhydroxylamine. On décela aussi de petites quantités d'azoxybenzène, à la réduction duquel on est en droit d'attribuer une partie de l'aniline ; dans un électrolyte peu acide, l'hydrazobenzène, intermédiaire entre l'azoxybenzène et l'aniline, ne subit pas, en effet, la transformation intermoléculaire en benzidine.

M. Lœb, de Bonn, ne pense pas qu'il faille attribuer au potentiel cathodique un rôle aussi prépondérant ; on doit surtout tenir compte de la matière des électrodes. Dans les réductions, la vitesse de réaction est déterminée directement par la concentration de l'hydrogène fixé sur la cathode, et cette concentration dépendrait en première ligne de la densité du courant.

M. Haber a complété récemment son étude sur la

PRÉPARATION ÉLECTROLYTIQUE DE LA β-PHÉNYLHYDROXYLAMINE (1).

Le procédé que nous allons décrire permet d'isoler cette substance. L'appareil d'électrolyse se compose d'une cuve cylindrique de verre, avec un vase en terre poreuse qui renferme une lame de platine servant d'anode. Un serpentin de platine permet de refroidir la liqueur cathodique ; il est relié à un tube de verre qui pénètre dans le compartiment anodique. Ces deux réfrigérants sont traversés par un courant d'eau glacée et tout l'appareil est plongé dans un mélange de glace et de sel. Le vase de terre poreuse reçoit l'acide sulfurique étendu. Le liquide cathodique avait la même composition que plus haut, 20 grammes de nitrobenzène, dissous dans 430 cm^3 d'acide acétique glacial, le tout étendu avec de l'eau à 850 cm^3. On opéra chaque fois sur 300 cm^3

(1) *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. V, p. 77, août 1898.

du mélange. Pour éviter une grande résistance, on laissait reposer pendant quelque temps la cellule de terre poreuse remplie de son acide sulfurique, de manière à l'imprégner totalement de cet acide. Enfin on agitait la solution de nitrobenzène au moyen d'un énergique courant d'hydrogène. Le courant électrique était de 4 ampères. La différence de potentiel du bain dépendait de la température et de la résistance de la cellule poreuse; ordinairement elle atteignait environ 20 volts. Chaque essai absorbait à peu près 10 ampères-heure. La température de l'espace cathodique, compris entre 14 et 19 degrés, ne dépassait jamais 20 degrés.

Après le passage du courant, la solution cathodique, colorée en jaune, était agitée dans un entonnoir à robinet avec de l'eau et de l'éther; la couche éthérée, lavée à l'eau, était débarrassée des dernières traces d'acide par un lait de magnésie refroidi à zéro. L'éther, séché au chlorure de calcium, abandonne par évaporation une huile que l'on traite par de l'éther de pétrole bouillant à basse température. Celui-ci dissout le nitrobenzène et l'azoxybenzène tandis que la β-phénylhydroxylamine se précipite sous forme d'aiguilles caractéristiques. On la dissout dans la benzine et on la précipite une seconde fois par l'éther de pétrole. Le procédé, qui est du reste encore susceptible d'amélioration, fournit chaque fois 0,5 à 0,9 gr de produit.

Cette méthode de réduction permet en général de passer des corps nitrés aux dérivés de l'hydroxylamine. En opérant exactement de la même manière avec l'orthonitro-toluène on obtient l'o-tolyl-hydroxylamine, produit huileux qu'on ne chercha pas à isoler. Après oxydation par le bichromate et l'acide sulfurique, un courant de vapeur d'eau enleva des gouttelettes vertes, caractéristiques de l'onitrosotoluène et indiquant que la tolylhydroxylamine s'était formée en quantité notable.

(*A suivre.*)

P.-Th. Muller.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Générateur de vapeur et turbine de Laval à haute pression.

L'an dernier, dans un article sur la turbine de Laval [1], M. Claude annonçait qu'à l'Exposition de Stockholm figuraient deux groupes électriques complets de 100 chevaux chacun et deux groupes de 50 chevaux chacun, alimentés par des turbines Laval.

Voici, d'après un récent numéro de *Iron Age*, la description de l'une de ces installations.

Le générateur consiste en un long tube A_1 de faible diamètre, enroulé en hélice, chauffé par les flammes d'un foyer circulaire A_2 alimenté de combustible par la partie supérieure d'une chambre cylindrique. A la partie inférieure de cette chambre se trouve un massif conique de maçonnerie qui dirige le combustible sur les grilles. L'air nécessaire à la combustion est fourni par une soufflerie; la majeure partie de cet air arrive par la conduite A_6 et passe à travers les grilles; une autre partie arrive par la conduite A_5 ou la conduite A_4 et est répartie par une série de tuyères au milieu des gaz combustibles, au-dessus du foyer. Les trois conduites A_6, A_5, A_4 sont munies de valves reliées par la tige K à l'extrémité du levier d'un régulateur de tirage. Quand la pression de la vapeur devient trop grande, cette pression fait soulever un piston agissant sur le levier et par suite sur les valves; la valve de A_6 se ferme, ainsi que celle de A_5 tandis que la valve de A_4

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 403, 27 septembre 1897.

s'ouvre ; la quantité d'air traversant les grilles se trouve diminuée ; celle qui se mélange directement aux gaz combustibles se trouve augmentée et la combustion se ralentit. Quand au contraire la pression diminue, le piston du régulateur de tirage descend sous l'action d'un ressort et la répartition de l'air se trouve modifiée en sens inverse.

La vapeur du générateur est conduite aux tubes à étranglement D qui en régularisent la pression et la distribuent dans une ou plusieurs des quatre tuyères C_3 C_4 de la turbine C suivant la charge de celle-ci. La pression de l'eau dans les parties inférieures des tubes du régulateur de pression est elle-même régularisée au moyen d'un régulateur d'échappement E que manœuvre un appareil à force centrifuge. Le disque C_1 de la turbine porte deux séries de canaux séparées par une paroi médiane et que la vapeur traverse successivement.

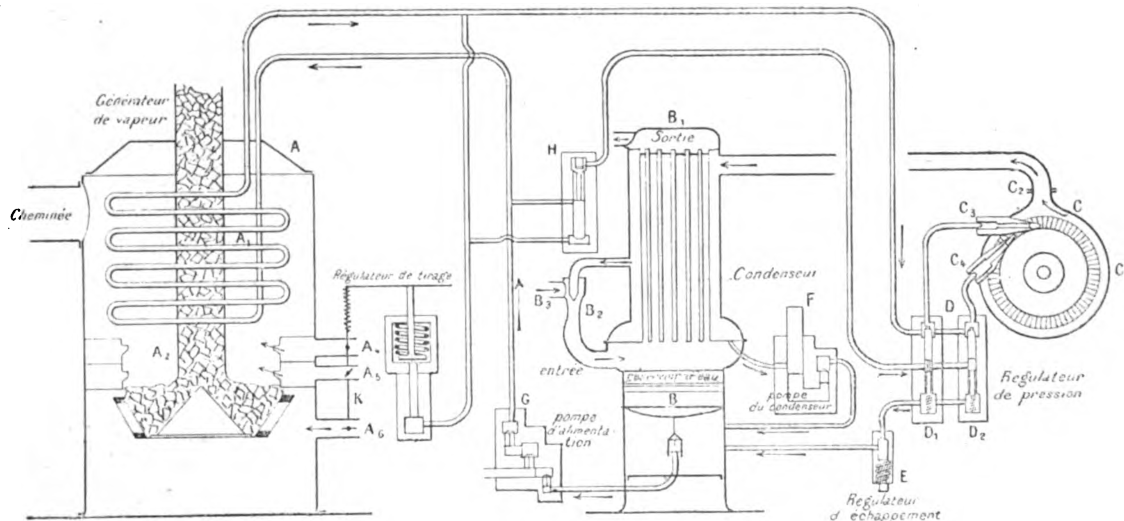


Fig. 1. — Générateur de vapeur et turbine de Laval à haute pression.

Cette vapeur passe alors dans le condenseur à surface et l'eau du condenseur se rassemble dans le réservoir B muni d'un flotteur. L'eau de refroidissement arrive en B_3 et s'échappe en B_1 ; en B_2, où se trouve une sorte de trompe, elle aspire l'air du condenseur. La pompe d'alimentation G à plusieurs pistons (3 pour les générateurs de 50 chevaux et 6 pour ceux de 100 chevaux) prend l'eau dans le réservoir B ; un flotteur situé dans ce réservoir règle la circulation d'eau en ouvrant plus ou moins le tube d'aspiration.

Dans l'installation de l'Exposition de Stockholm la pression de la vapeur était de 122 kgr par cm² à la sortie du générateur, et de 100 kgr par cm² à l'entrée des turbines. Le disque de la turbine de 100 chevaux faisait 13 000 tours par minute, celui de la turbine de 50 chevaux en faisait 16 000 ; les arbres de ces turbines faisaient respectivement 1 050 et 1 500 tours par minute. L'emplacement occupé par l'installation était très restreint : le générateur de 100 chevaux, qui donnait 760 kgr de vapeur par heure, n'avait que 1,4 m de diamètre et 3 m de hauteur. J. R.

Moteur marin Fletcher [1].

L'utilisation de la puissance motrice des vagues est un problème dont la solution est l'objet de bien des recherches [2].

M. B. Morley Fletcher, dont les premiers travaux sur ce sujet datent déjà de plus de

(1) *Industries and Iron*, t. XXV, p. 264, 30 septembre 1898.

(2) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 189, 30 avril 1898.

deux ans, paraît être parvenu à en donner une solution, sinon parfaite, du moins déjà fort acceptable.

L'appareil qu'il utilise est basé sur ce fait

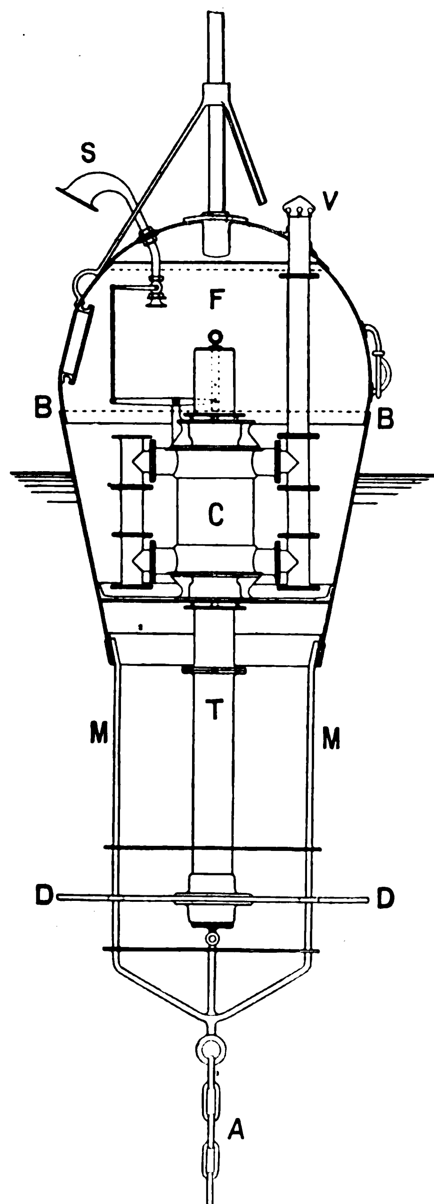


Fig. 1. — Moteur marin Fletcher.

que le plus souvent les vagues qui se produisent à la surface de la mer n'affectent le mouvement de l'eau qu'à une assez faible profondeur. Une bouée flottante se trouvera par conséquent soumise à un mouvement alternatif de haut en bas, tandis qu'un corps immergé à une profondeur suffisante restera en repos lorsque la houle agitera la surface.

La figure 1 représente un de ces appareils. Le corps de la bouée B est fixé par une chaîne A attachée à la partie inférieure de quatre montants M boulonnés sur la bouée. Entre ces montants se trouve une tige T, portant un disque D. Sous l'action des vagues la bouée s'élève et s'abaisse et tend à entraîner la tige et le disque dans son mouvement. Mais le disque se trouvant à une profondeur suffisante pour que les ondulations des vagues ne s'y fassent pas sentir, le mouvement de ce disque est amorti très rapidement par la résistance de l'eau que ce mouvement tend à déplacer. Comme la tige T peut glisser dans le corps de la bouée, il en résulte un mouvement alternatif vertical de cette tige par rapport à la bouée.

Ce mouvement peut être utilisé de diverses façons. Dans l'appareil représenté par la figure, il est employé à faire mouvoir un piston dans un corps de pompe C; le piston aspire l'air extérieur par l'ouverture O et le comprime dans la chambre F; cet air comprimé sert à faire fonctionner, d'une façon intermittente ou continue, la sirène S. Des bouées sirènes d'un modèle ne différant que par des détails de celui que représente la figure ont été soumises à des essais dans la Manche et, tout récemment, sur les côtes d'Espagne; ces essais ont donné d'excellents résultats.

Mais le mouvement oscillatoire de la tige T peut être utilisé pour faire mouvoir une dynamo génératrice, ainsi que le montrait M. Fletcher dans une des dernières séances de la Royal Institution; par suite, l'énergie produite par les vagues peut être transportée à distance.

D'ailleurs, l'air comprimé par la pompe de l'appareil précédemment décrit peut être employé dans le même but; dans un projet d'installation étudié par l'auteur, cet air comprimé, envoyé dans une station située sur le rivage, sert à élever de l'eau dont

l'énergie potentielle est utilisée à faire mouvoir des turbines actionnant des dynamos.

J. R.

L'usine à carbure de calcium de Sault-Sainte-Marie (Etats-Unis d'Amérique) (¹).

Cette usine, construite par la Union Carbide Company, est située sur la rive américaine de la rivière Sainte-Marie, qui déverse les eaux du lac Supérieur dans le lac Huron.

La force motrice y est produite par des turbines hydrauliques. Le canal d'amenée a environ 3 300 m de longueur; il a son point d'origine à environ 300 m en amont des rapides de la rivière ; l'usine est située à l'autre extrémité de ce canal, à environ 900 m en aval des rapides. Le canal a une section et une pente suffisantes pour produire une puissance de 40 000 chevaux avec une hauteur de chute utile de 4,95 m environ aux turbines. Sur une longueur de 850 m, il est taillé dans le roc avec une section de 61 × 6,70 m; le restant, creusé dans le sable, le gravier ou la glaise, a une section trapézoïdale de 6,70 m de hauteur, 67 m et 53,35 m de bases; il est entièrement armé de bois ; les berges inclinées sont pavées en pierre.

A son extrémité inférieure, il est terminé par un bassin large de 425 m et s'étendant tout le long de l'usine qui le sépare de la rivière où s'écoulent les eaux qui ont actionné les turbines. La profondeur de ce bassin serait de 45 à 90 m (?).

Le bâtiment de l'usine comprend deux étages. L'étage inférieur est divisé en deux parties par un mur étanche ; l'une contient les turbines, qui sont noyées, et l'autre contient les génératrices ainsi que les tableaux de distribution qui sont placés sur une galerie élevée. L'étage supérieur contient les fours à carbure.

Les détails d'installation se comprennent à première vue d'après les figures 1 à 5. La salle des turbines est divisée en un certain nombre de chambres; chacune d'elles contient quatre groupes de turbines; chaque groupe est formé de quatre turbines montées en tandem sur un arbre horizontal à l'extrémité duquel est montée une des dynamos dans la salle contiguë.

Les quatre dynamos correspondant à une chambre des turbines forment un groupe muni d'une excitatrice de 100 chevaux, entraînée par une courroie commandée par un des arbres. Chaque génératrice est placée immédiatement au-dessous de son panneau

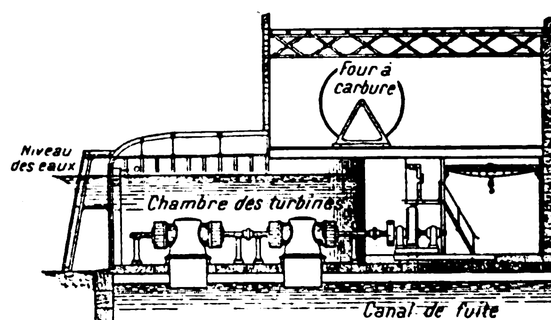


Fig. 1. — Coupe transversale de l'usine de Sault-Sainte-Marie.

dans le tableau de distribution, et ce panneau est muni d'un voltmètre, d'un ampèremètre et d'un compteur d'énergie. Les conducteurs venant de chaque dynamo sont reliés directement au panneau correspondant et les panneaux sont reliés entre eux par des rails en cuivre dont la section a dû être portée à 63,5 × 50,8 mm, en raison de l'intensité énorme des courants employés. En pratique, les quatre génératrices de chaque groupe seront reliées en parallèle et leur débit total sera envoyé directement des rails communs, à l'arrière du tableau, sur les fours situés au-dessus.

Les dynamos sont des alternateurs Walker, monophasés, de 2 000 ampères, 200 volts, 60 périodes, à 240 tours par minute ; les inducteurs placés au centre sont mobiles ; ils sont alimentés par le courant continu de l'excitatrice ; l'induit est fixe, en sorte qu'aucun contact mobile n'est nécessaire.

Chaque alternateur peut suffire à la pro-

(¹) *The Electrical World*, 6 août 1898, p. 131.

duction de 3 à 4 tonnes par vingt-quatre heures, ce qui correspond à une production de 4,4 à 7,4 kg de carbure par cheval électrique et par four.

Les fours à carbure, d'un système nouveau imaginé par M. W. S. Horry, sont à fonctionnement continu. Chacun d'eux consiste en un cylindre de grand diamètre et de faible

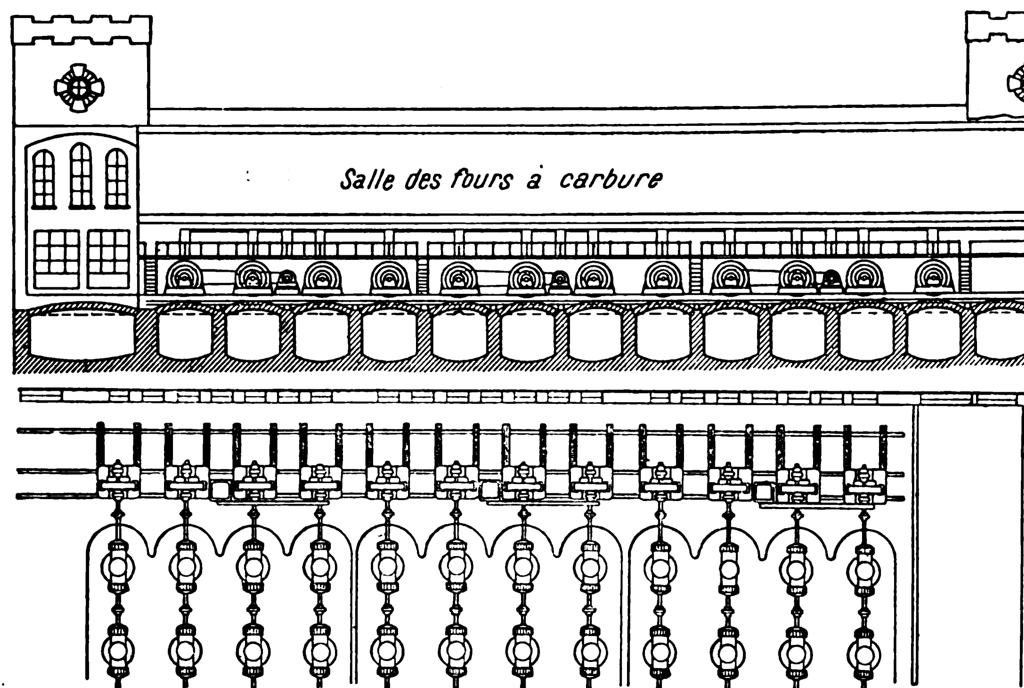


Fig. 2 et 3. — Coupe longitudinale et plan de trois groupes de l'usine à carbure de Sault-Sainte-Marie.

largeur, disposé pour tourner lentement autour d'un axe horizontal. La périphérie de ce cylindre est fermée par des plaques mobiles en fonte de fer. On fait tourner le tambour sur son axe de temps à autre, au moyen d'un engrenage hélicoïdal commandé par un volant

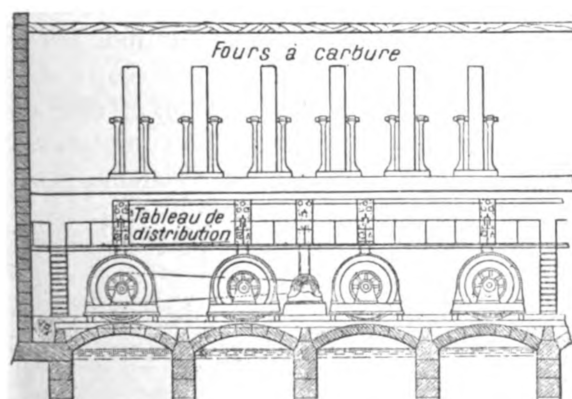


Fig. 4 et 5. — Coupe longitudinale et plan d'un des groupes.

à main; les plaques périphériques sont retirées d'un côté et remises de l'autre de façon à toujours laisser la partie supérieure ouverte; le tambour est rempli par le côté du mélange de poudre de coke et de chaux pulvérisée; les électrodes pénètrent dans ce mélange; l'intensité du courant passant dans l'arc est de 2500 ampères. Lorsque le cylin-

dre tourne, la masse de carbure fondu qui vient d'être formée, s'éloigne de l'arc et se refroidit; elle se solidifie; elle est retirée à l'autre extrémité du cylindre. On charge constamment du mélange pulvérisé pour maintenir le niveau autour des électrodes.

Nous attendrons, pour porter un jugement sur ce four original, d'avoir de plus amples renseignements à ce sujet.

Chaque groupe de quatre alternateurs alimente six fours à carbure, dont quatre en service courant et deux en réserve.

La partie de l'usine actuellement en construction pourra contenir quarante génératrices et soixante fours. Sa production quotidienne serait donc de 125 tonnes de carbure environ. Ajoutons que, d'après notre confrère américain, l'industrie de l'acétylène serait très prospère de l'autre côté de l'Atlantique et qu'on envisage sa distribution au moyen d'usines centrales comme pour le gaz de houille. « En fait, une ville dans l'Etat de Connecticut a déjà commencé de distribuer l'acétylène dans ses canalisations à gaz déjà existantes et d'autres villes s'apprêtent à suivre son exemple. » Plus de 60000 lampes de bicyclettes seraient employées aux États-Unis.

G. P.

Calcul de la puissance d'une pile primaire pour la charge des accumulateurs télégraphiques ;

Par Dr I. BRUNELLI (1).

Dans le cas du service simultané de plusieurs circuits télégraphiques (circuits multiples), il faut, si l'on emploie des piles primaires, autant de piles que de circuits, afin que l'intensité des courants émis reste sensiblement constante. C'est par suite de cette complication que l'on préfère généralement faire usage d'accumulateurs qui, en raison de leur faible résistance intérieure, permettent de n'employer qu'une seule batterie pour le service simultané.

(1) *L'Elettricista*, avril 1898.

Soit : E la force électromotrice de la pile ; r sa résistance intérieure ;

R la résistance du circuit extérieur ; l'intensité du courant est

$$I = \frac{E}{r + R} \qquad (1)$$

Si l'on relie à cette pile n circuits extérieurs ayant tous une résistance R, la résistance totale est $\frac{R}{n}$, et le courant fourni par la pile

$$I' = \frac{E}{r + \frac{R}{n}} = \frac{nE}{nr + R}$$

l'intensité dans chacun des n circuits est alors

$$i = \frac{I'}{n} = \frac{E}{nr + R};$$

d'où

$$\frac{I}{i} = 1 + (n - 1)\frac{r}{R + r}$$

La résistance de la pile devrait être nulle pour que l'intensité ne changeât pas.

La pile employée dans les bureaux télégraphiques de l'Etat et des chemins de fer en Italie, est du type Callaud avec étranglement dans le vase de verre pour soutenir le zinc; sa résistance est grande comparée à celle des autres types, aussi les conclusions pourront être appliquées avec plus d'exactitude encore aux autres piles. Nous nous plaçons aussi dans des conditions défavorables en considérant comme accumulateur, l'accumulateur à diaphragme qui, malgré sa résistance relativement considérable, est le plus employé en Italie à cause de son montage et de son entretien faciles.

Adoptons pour la f. é. m. de l'élément de pile 1 volt, sa résistance 7 ohms environ, et pour l'intensité des courants des circuits télégraphiques, 14 milliampères.

Portons ces valeurs dans (1)

$$0{,}014 = \frac{E}{7E + R};$$

d'où

$$R = 64E$$

Pour prendre un exemple, supposons la pile reliée à 20 circuits;

$$i = \frac{E}{20 \times 7 \times E + 64 E} = 0{,}0049.$$

L'intensité est réduite au tiers environ sur chaque circuit, d'où l'impossibilité d'employer une seule pile primaire.

Passons au cas des accumulateurs. La batterie est constamment chargée, le courant de décharge a une faible valeur en comparaison de la capacité.

Prenons comme valeur de la f. é. m. 2 volts, et pour la résistance 0,1 ohm (ce qui fait 0,05 ohm de résistance par volt de la batterie).

Soit e la f. é. m. nécessaire pour l'émission d'un courant de 0,014 ampère, dans un circuit qui aura la même résistance que précédemment R = 64 E.

L'équation (1) donne

$$0{,}014 = \frac{e}{0{,}05 e + 64 E};$$

d'où

$$e = 0{,}9 E$$

Donc, si l'on fait usage d'accumulateurs, il faut réduire le voltage normal de 10 p. 100. La résistance R est alors exprimée en fonction de e par

$$R = 64 E = \frac{64}{0{,}9} e = 71 e.$$

Dans le cas des 20 circuits

$$i = \frac{e}{20 \times 0{,}05 e + 73 e} = 0{,}0119$$

L'intensité dans chacun des 20 circuits est sensiblement égale à celle du courant dans un seul circuit.

Calcul de la pile de charge des accumulateurs. — Considérons une batterie d'accumulateurs *od* (fig. 1), l'extrémité *o* est à la terre, *a*, *b*, *c*, *d* sont les prises de courant pour les circuits i_1, i_2, i_3, i_4; e_1, e_2, e_3, e_4 sont les différences de potentiel entre les prises successives.

L'intensité d'un courant télégraphique est 0,014 ampère, mais, par suite de l'intermittence, on peut admettre que le courant émis en un jour équivaut à un courant continu de

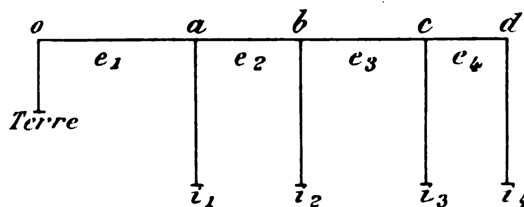


Fig. 1.

0,001 ampère. Le fait a été directement constaté en maint endroit, 0,001 est une limite supérieure.

Il s'agit de restituer à la batterie l'énergie qui lui est enlevée. Dans les villes où l'on dispose du courant d'éclairage ou dans les grands bureaux qui ont leur installation électrique propre, il n'y a qu'à déterminer la quantité de courant soutirée quotidiennement et, par la capacité, au bout de combien de jours il faut recharger. La permutation des diverses sections de la batterie s'effectue rationnellement afin qu'elles se trouvent toutes au même degré d'épuisement.

Dans les bureaux d'importance secondaire, ce système ne serait pas avantageux par suite du manque des appareils spéciaux et du personnel au courant de ce travail. On peut effectuer la charge au moyen d'une pile primaire; on met un des pôles de la pile à la terre et on relie l'autre à la prise de voltage le plus élevé de la batterie. Une partie de l'énergie fournie par la pile est dépensée en pure perte, le courant doit en effet traverser toute la série des accumulateurs, avec une intensité telle que pour fournir l'énergie suffisante à la section la plus rapprochée de la terre, l'énergie soit superflue dans les autres sections. Le voltage de la batterie est poussé au delà de la normale dans les sections éloignées de la terre; l'excès de courant se perd en décomposant l'eau des accumulateurs et les détériorant.

La solution la plus rationnelle et encore la

plus simple malgré son apparence compliquée, consiste à faire autant de raccordements à la pile de charge qu'il y a de prises de courant sur les accumulateurs en déterminant le nombre d'éléments de façon que chaque section reçoive seulement la quantité de courant dont elle a besoin.

Soit OD la pile (fig. 2), E_1 E_2... les différences

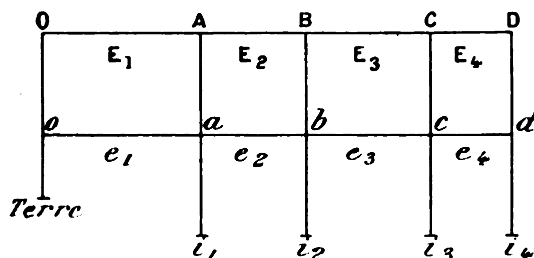


Fig. 2.

de potentiel qui existent entre les points de raccordement successifs de la pile et de la batterie; négligeons la résistance de ces raccordements et considérons la charge et la décharge de la batterie comme deux opérations indépendantes; cela revient à dire que pendant la charge on ne tient pas compte du courant de la pile qui passe dans la ligne. i_1, i_2, i_3, i_4, représentent en milliampères les intensités des *courants continus* fournis par la batterie (pendant toute la journée); posons

$$I_1 = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 \qquad I_3 = i_3 + i_4$$
$$I_2 = i_2 + i_3 + i_4 \qquad I_4 = i_4$$

L'énergie qu'il faut rendre à la section *oa* est donc $e_1 I_1$, à *ab*, $e_2 I_2$, etc.

Le raisonnement étant général, supprimons les indices.

Soit r la résistance intérieure de chaque élément de pile; la f. é. m. étant de 1 volt, la résistance d'une pile de f. é. m. E sera rE; négligeons la résistance des accumulateurs.

Soit eI l'énergie à fournir à la section des accumulateurs et α le rendement de ces accumulateurs.

La f. é. m. qui agit dans le circuit est E — e, l'intensité du courant de pile est

$$\frac{E - e}{rE}.$$

En supposant e constant pendant un certain laps de temps, l'énergie fournie par la pile est

$$\frac{E - e}{rE}\, e$$

d'où

$$\alpha\,\frac{E - e}{rE}\, e = e\,I$$

c'est-à-dire

$$E = e\,\frac{\alpha}{\alpha - Ir}.$$

E est le nombre des éléments de pile qui convient pour charger la section de la batterie dont le voltage est e et qui doit fournir un courant I. Si la valeur de E est fractionnaire, on prend le nombre entier qui lui est supérieur.

Dans plusieurs installations on avait reconnu déjà le besoin d'établir une connexion intermédiaire quelconque. Mais la disposition précédente permet de réduire le nombre des éléments de la pile de charge dans une mesure notable.

Dans le cas des bureaux d'une importance secondaire, le système décrit est préférable à la méthode de charge par une dynamo, parce que l'énergie dépensée annuellement est trop faible pour qu'il faille se préoccuper de la diminution de dépense qu'occasionnerait la fourniture du courant par une société industrielle. De plus, la charge par dynamo exige l'emploi d'une troisième batterie, comme pile auxiliaire, un indicateur de la charge avec tous les instruments de mesure, un personnel au courant de ces manipulations. Dans le cas de la charge par pile, il n'y a aucune manipulation, on établit entre la pile et les accumulateurs des connexions stables et permanentes; le seul instrument nécessaire est un voltmètre pour le contrôle du voltage des différentes prises. La durée des accumulateurs est mieux assurée, l'entretien des piles réduit au minimum.

G. G.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur la variation des constantes diélectriques avec la température;

Par H. PELLAT et P. SACERDOTE [1].

« Ces mesures de constantes diélectriques ont été effectuées avec l'appareil imaginé par l'un de nous [2] : la constante diélectrique K est donnée par la relation

$$K = \frac{c}{c - a},$$

c désignant l'épaisseur de la lame diélectrique en expérience, et *a* la différence des deux lectures faites à l'appareil selon qu'on y a introduit ou non la lame diélectrique; les trois quantités K, *c*, *a* se rapportent à une même température. L'épaisseur *c* de la lame était mesurée au sphéromètre à une température quelconque et l'on déterminait ensuite sa valeur aux températures des différentes expériences au moyen des coefficients de dilatation. Pour les mesures de *a*, la principale difficulté était d'obtenir des températures uniformes et bien connues dans toute la masse de la lame diélectrique en expérience; nous nous sommes placés dans de bonnes conditions sous ce rapport en n'opérant qu'à la température ambiante : cette température était rendue variable soit en chauffant la salle où se trouvait l'appareil vingt-quatre heures avant la mesure; soit, au contraire, en ouvrant les fenêtres toute la nuit précédente; la température était mesurée avec un thermomètre au 1/10 de degré dont le réservoir plongeait dans une lame diélectrique semblable à celle en expérience et placée comme elle, longtemps à l'avance, dans la cage de l'appareil de mesure.

» *Résultats pour la paraffine.* — La lame de paraffine employée avait une épaisseur de 8,510 mm à 22°,6; voici quelques-unes des valeurs de K obtenues :

$t =$	11°,1	22°	33°,3 [1]
$K =$	2,287	2,278	2,259

La constante diélectrique de la paraffine diminue donc lorsque la température s'élève, et le coefficient moyen de diminution par degré est $3,6 \times 10^{-4}$ entre 11° et 22° et $5,6 \times 10^{-4}$ entre 11° et 33°.

» *Résultats pour l'ébonite.* — La lame d'ébonite employée avait une épaisseur de 8,462 mm à 18°,1.

» Le coefficient de dilatation de l'ébonite, qui est nécessaire pour le calcul de l'épaisseur aux différentes températures, étant mal connu et pouvant du reste varier d'un échantillon à un autre, nous l'avons déterminé sur un échantillon d'ébonite pris dans le même bloc que la lame en expérience [1]; ce coefficient a été trouvé égal à $8,7 \times 10^{-5}$ entre 10° et 20°.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 544, séance du 17 octobre 1898.

(2) PELLAT. *L'Éclairage Électrique*, t. III, p. 176, et t. V, p. 145, 27 avril et 26 octobre 1895. — *Comptes rendus*, t. CXX, p. 773. — *Journal de Physique*, 3e série, t. IV, p. 501.

(1) Cette dernière mesure a été effectuée en chauffant la lame diélectrique seule dans une étuve, puis la portant rapidement dans l'appareil de mesure; au moyen de piles thermoélectriques filiformes convenablement immergées dans des lames de paraffine on s'était assuré au préalable que, pendant le transport de la lame de l'étuve à l'appareil, sa température ne variait pas sensiblement et l'on s'était aussi renseigné sur le temps pendant lequel la lame devait séjourner dans l'étuve pour en prendre la température.

Pour l'ébonite, au contraire, le refroidissement était trop rapide pour permettre ce mode opératoire.

(1) Cette mesure a été faite par M. Sacerdote, au Bureau international des Poids et Mesures, par la méthode de M. Fizeau, l'appareil ayant été mis gracieusement à notre disposition par M. Benoit.

L'échantillon employé était un petit cube d'ébonite d'environ 15mm d'arête et poli spéculairement sur une de ses faces.

» Voici les valeurs de K obtenues :

$t =$	$10°,2$	$17°$	$20°,6$
$K =$	$2,941$	$2,958$	$2,968$

La constante diélectrique de l'ébonite augmente donc lorsque la température s'élève, et à peu près proportionnellement à l'élévation de température, le coefficient moyen de variation par degré étant $8,8 \times 10^{-4}$.

» *Application*. — L'un de nous a montré ailleurs (¹) que, dans la charge d'un condensateur à *température constante*, la variation d'énergie est non pas $\frac{CV^2}{2}$, comme on l'admettait, mais $\frac{CV^2}{2}[1 + T(\lambda + \chi)]$, en désignant par T la température absolue du diélectrique, par λ son coefficient de dilatation linéaire et par χ le coefficient de variation de la constante diélectrique avec la température $\left(\frac{1}{K}\frac{\partial K}{\partial T}\right)$. Il résulte des recherches précédentes que, dans le cas d'un condensateur dont le diélectrique est l'ébonite, pour $T = 273 + 27 = 300$, le terme $T(\lambda + \chi) = +0,29$; donc :

» *L'énergie d'un tel condensateur chargé surpasse de plus d'un quart la valeur admise jusqu'à présent.*

» Si la charge ou la décharge ont lieu rapidement, le phénomène, au lieu d'être isotherme, sera sensiblement adiabatique : pour un condensateur à ébonite la charge adiabatique amènera un refroidissement, par destruction d'une quantité d'énergie égale à $0,29\frac{CV^2}{2}$, la décharge adiabatique un échauffement correspondant à une création de chaleur $0,29\frac{CV^2}{2}$.

» Pour un condensateur formé d'une lame d'ébonite de 2 mm d'épaisseur métallisée sur ses deux faces et chargé à la différence de potentiel correspondant à 1 cm d'étincelle, le calcul montre que ces variations de température doivent être d'un peu moins d'un millième de degré; elles seraient donc encore très appréciables si l'ébonite était un diélectrique parfait. Mais à cause du phénomène de résidu la charge aussi bien que la décharge donnent lieu à un phénomène consécutif non réversible qui échauffe toujours le diélectrique d'une façon beaucoup plus intense que le phénomène réversible dont nous venons de nous occuper. C'est ce qui rend très difficile la mise en évidence de ce dernier phénomène. »

(¹) PELLAT, *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 425, 27 novembre 1897. — *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 18.

Sur la durée de l'émission des rayons de Rœntgen;

Par Henri MORIZE (¹).

» Il ne me semble pas que, jusqu'à ce jour, on ait cherché à obtenir, pour le moins d'une façon précise, la durée de l'émission des rayons X.

» MM. Chappuis et Berget (²) ont tenté les premiers cette détermination, en employant la radiographie du stylet d'un interrupteur de Foucault, qui se déplaçait entre le tube de Crookes et une plaque photographique. Ce procédé les amena à conclure que la durée des rayons était aussi courte que celle de l'etincelle qui leur avait donné lieu.

» M. A. Roiti (³), en employant une plaque tournante et un tube dans lequel la décharge était produite à une certaine position de la plaque, trouvait, au contraire, une durée de 1/600 de seconde.

» A peu près en même temps, le Dr E. Trouton (⁴), en photographiant une roue d'engrenage tournant rapidement, obtenait des valeurs comprises entre 1/300 et 1/10000, pendant que M. Colardeau (⁵), par un procédé tout semblable, trouvait sensiblement 1/1000 de seconde.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 546, séance du 17 octobre 1898.

(²) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 810.

(³) *Rendiconti della R. Acc. dei Lincei*, vol. V, p. 243.

(⁴) *Nature*, vol. LIV, p. 566.

(⁵) *L'Éclairage Électrique*, t. VIII, p. 112 à 116.

» Ces discordances notables entre les valeurs trouvées par les physiciens cités nous ont amené à rechercher une méthode plus précise, dont nous venons présenter les premiers résultats à l'Académie.

» Un moteur dynamo-électrique est alimenté par une dynamo génératrice, excitée en dérivation, et dont le champ peut varier considérablement. Pour mieux régler la force électromotrice du courant, une résistance variable est introduite dans le circuit du moteur, et une lame d'acier plus ou moins tendue sur la jante d'un disque de fonte monté sur l'axe fait office de frein. Par l'emploi de ces divers moyens, on peut obtenir à volonté une vitesse quelconque, qui peut être conservée constante aussi longtemps qu'il est nécessaire.

» Une des extrémités de l'axe du moteur porte une vis sans fin, qui engrène avec une roue dentée ayant sur son contour des goujons équidistants, qui ferment un circuit électrique à chaque dix tours de l'axe. Le contact ainsi produit s'enregistre, ainsi que la seconde de temps moyen d'un chronomètre électrique, sur la bande d'un chronographe de Bréguet, qui permet d'évaluer à un moment quelconque la vitesse très exacte du moteur. La seconde extrémité de l'axe de ce dernier porte un plateau perpendiculaire, parfaitement dressé, sur lequel on peut fixer par des tasseaux une plaque photographique, convenablement enveloppée de papier noir. Sur la base du moteur, parallèlement au disque et à un centimètre de celui-ci, se trouve une plaque métallique fixe, avec une fente étroite dirigée suivant un rayon du disque. En face de cette fente on place un tube de Rœntgen, assez puissant pour qu'une seule étincelle donne sur la plaque sensible une image intense de la fente.

» En faisant tourner le moteur à une vitesse convenable, on imprime sur la plaque l'image de la fente, en produisant à la main l'interruption du circuit de la bobine. Il est évident que, si les rayons de Rœntgen ont une durée appréciable, l'image de la fente, comparée à celle qu'elle fournirait si le disque était au repos, sera dilatée latéralement. Or, en connaissant cet élargissement, la distance de l'image au centre du disque, ainsi que la vitesse de ce dernier, on en conclut facilement la durée de l'émission des rayons.

» Chaque plaque fournit quatre images de la fente, prises sur le disque en mouvement, et, en plus, quatre autres prises avec le disque au repos, à 90° de distance l'une de l'autre, lesquelles donnent la position du centre de rotation et, par comparaison avec les images dilatées, l'élargissement de celles-ci.

» L'examen des différentes plaques a montré que, d'accord avec ce que M. Colardeau avait déjà signalé, à chaque émission du courant dans le primaire de la bobine, correspondent plusieurs décharges successives dans le tube. Il en résulte que l'image de la fente est formée par la succession de plusieurs traits d'intensité décroissante, séparés par des intervalles égaux. Dans quelques plaques, on peut suivre ainsi jusqu'à quatre images partielles, dont la dernière est excessivement faible.

» Les résultats que nous avons trouvés ainsi et que nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie sont les premiers obtenus : bien que passablement concordants, ils pourront être quelque peu modifiés par une plus large série d'observations et par la recherche de l'influence que les différentes conditions de la décharge peuvent exercer sur la durée des rayons Rœntgen.

Désignation des plaques.	Durée de l'émission totale.	Durée des émissions partielles.	Intervalle entre les émissions partielles.
	s	s	s
a	0,00122		0,00024
b	0,00127	0,000065	
c	0,00101	0,000074	0,00035
d	0,00107	0,000081	0,00039
e	0,00089	0,000107	0,00037
Moyennes.	0,00109	0,000082	0,00033

Sur une nouvelle action subie par la lumière traversant certaines vapeurs métalliques dans un champ magnétique ;

Par D. Macaluso et O.-M. Corbino [1].

« 1. Un faisceau de lumière solaire polarisée par un premier nicol traverse le champ magnétique fourni par un électro-aimant Ruhmkorff, puis un second nicol, une lentille cylindrique, et est reçu sur un réseau concave de Rowland. Avec un oculaire muni d'un micromètre, on observe le second spectre de diffraction. Si, au milieu des deux pôles de l'électro-aimant non excité, on dispose la flamme d'un brûleur de Bunsen avec une perle de chlorure ou de bromure de sodium, on peut, moyennant les précautions convenables, faire en sorte que les deux raies d'absorption deviennent *très larges;* ainsi la raie D^2 peut atteindre une largeur égale à 1/4 de la distance entre les deux raies.

» Si dans ces conditions, on ferme le courant (intensité du champ de 4 000 à 5 000 U. C. G. S.), à côté de chacune des deux D se montrent des bandes parallèles à D, alternativement lumineuses et obscures, lesquelles se déplacent quand on fait tourner l'analyseur, l'axe de chaque raie suivant le sens du courant.

» 2. De l'examen minutieux de la disposition de ces bandes et de leur mouvement on déduit qu'elles sont dues à la lumière polarisée en divers plans, et précisément : *le plan de polarisation primitif a subi, dans le passage de la lumière à travers les vapeurs de sodium influencées par le champ*, une rotation croissant d'une façon continue de l'extérieur vers le bord de la raie.

» Cette rotation, qui commence déjà à se manifester pour la raie D^2 à une distance de plus des deux tiers de celle des deux raies, croît d'une façon continue et rapidement en s'approchant du bord de la raie, point où il paraît qu'elle atteigne 270°.

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 548, séance du 17 octobre 1898.

» La rotation relative, c'est-à-dire la différence des rotations correspondant à des déplacements égaux dans le spectre, croît rapidement à mesure qu'on se rapproche du bord de la raie, de sorte que les bandes obscures ou lumineuses, très étroites dans le voisinage du bord lui-même, s'élargissent successivement à mesure qu'elles s'éloignent par la rotation de l'analyseur.

» 3. Procédant dans le spectre, des points plus éloignés aux points plus rapprochés de la raie, la rotation des plans de polarisation correspondants à droite et à gauche de celle-ci se produit *dans le sens* du courant magnétisant et, par conséquent, se renverse avec l'inversion du champ.

» En des points à égale distance à droite et à gauche de la raie, les rotations du plan de polarisation sont égales et les nouveaux plans de polarisation sont parallèles entre eux. Pour les deux D le rapport des distances auxquelles se produisent d'égales rotations est à peu près égal au rapport des largeurs des raies primitives.

» 4. Tandis que sur le bord de chacune des D la rotation est constante (d'environ 270°), la distance du point où la rotation commence est d'autant plus grande que la raie est plus large, de telle sorte qu'avec l'élargissement de celle-ci la rotation relative diminue et les bandes s'élargissent.

» Si la raie est trop étroite, il n'est plus possible, du moins avec le grossissement employé, d'observer les particularités du phénomène. En faisant croître l'intensité du champ on éloigne aussi la limite où commence la rotation, qui conserve toujours la même valeur sur le bord de la raie, et par conséquent les bandes s'élargissent.

» 5. En examinant le phénomène avec un compensateur de Babinet ou avec un double mica Bravais (quart d'onde), on a trouvé que, dans le cas de raies peu élargies sur leurs bords, on a la lumière circulaire suivie de lumière elliptique dans laquelle le rapport des deux axes tend rapidement vers zéro.

» Avec l'élargissement des raies, la lumière

circulaire disparaît complètement et l'elliptique reste limitée au bord de la raie, tandis que la rotation du plan de polarisation s'étend bien au delà du bord. Tant pour la lumière circulaire que pour l'elliptique, le sens de la rotation de la particule lumineuse est le même que celui du courant magnétisant pour le bord moins réfrangible et inverse pour l'autre bord.

» 6. Des phénomènes analogues, mais moins prononcés, ont été observés en substituant au sel de sodium un sel volatil de lithium.

» 7. Dans l'hypothèse que les deux rayons circulaires inverses dans lesquels on peut supposer décomposé le faisceau polarisé primitif se propageassent avec des vitesses différentes dans les vapeurs de sodium et de lithium sous l'influence du champ, et que la différence de vitesse diminuât rapidement avec l'accroissement de la différence entre la période de la vibration incidente et celle propre de la valeur absorbante, on s'expliquerait la polarisation rotatoire et la grande dispersion rotatoire observée.

» Et dans l'hypothèse que, pour certaines longueurs d'onde, très peu différentes de celle de la raie, le pouvoir absorbant de la vapeur pour les deux rayons circulaires inverses susdits soit différent, on expliquerait la présence de lumière circulaire et elliptique sur les bords de la raie.

» Tant à droite qu'à gauche de la raie, le circulaire tournant dans le sens du courant se propagerait avec une vitesse plus grande, tandis que, d'un côté et de l'autre, le circulaire en un sens et celui en sens opposé (conformément aux expériences de Zeeman) seraient absorbés de préférence.

» Nous nous réservons de continuer ces expériences pour en étudier les particularités et pour étendre ces résultats à d'autres corps et dans des conditions variées. Dans une publication très prochaine nous donnerons avec plus d'extension les détails des expériences exécutées jusqu'ici. »

BIBLIOGRAPHIE

Constructions électromécaniques; par M. Gisbert Kapp, traduit de l'allemand par MM. Dubsky et Girault. — *Baudry et Cie*, éditeurs. Prix : 30 fr.

La traduction de l'ouvrage allemand *Elektromechanische Konstruction* de M. Kapp est une véritable aubaine pour les électriciens, et nous devons avant tout en féliciter les traducteurs et aussi les éditeurs qui se sont imposé de sérieux sacrifices pour présenter au monde électrique français un ouvrage qui comme luxe d'édition et comme planches, ne le cède en rien à l'édition allemande.

Nous ajouterons, pendant que nous en sommes aux félicitations, que l'adjonction du nom de M. P. Girault à celui de M. Dubsky a produit un plus heureux effet que celle du nom de son précédent collaborateur pour la traduction de l'ouvrage de M. Kapp sur les transformateurs. La lecture n'est pas en effet indigeste, et à de très rares exceptions près, les expressions techniques sont celles admises par tous ; enfin les notations et expressions d'unités ont été soigneusement mises au goût du jour, aussi les mots de gauss, webers, megawebers font-ils très bonne figure parmi les expressions plus terre à terre de volts, d'ampères, d'ohms et d'ampèretours.

La préface écrite par M. P. Girault nous a semblé plutôt un peu méchante, car elle contient un passage dur pour certaines maisons de construction qui formeraient *la plupart* de nos grands établissements électromécaniques. Si, comme cela est du reste exact, quelques grandes maisons de construction « semblent s'être donné le mot pour se disputer l'exploitation des brevets étrangers de valeur parfois douteuse », ces quelques maisons, qui sont six ou sept au plus et pour lesquelles la partie électrique est en général accessoire, si grandes soient-elles, ne constituent nullement un ensemble suffisant pour amener une dépréciation de notre personnel électrotechnique, comme le craint M. Girault.

Revenons à l'ouvrage de M. Kapp ; un traité de ce genre ne se prête pas à l'analyse, aussi nous dirons simplement que l'auteur a réuni en une quarantaine de pages toutes les formules et tableaux nécessaires pour le calcul de dynamos à courants continu ou alternatif et des transformateurs, et nous reproduirons la nomenclature des machines étudiées par M. Kapp :

Génératrice triphasée de 100 kilowatts. — 300 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde ; montage en étoile ; tension par phase à circuit ouvert : 1 500 volts ; tension composée : 2 000 volts ; courant par phase : 36 ampères.

Génératrice triphasée de 100 kilowatts. — 300 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde ; montage en étoile ; tension par phase à circuit ouvert : 1 400 volts ; tension composée : 2 000 volts ; courant par phase : 36 ampères.

Alternateur monophasé de 60 kilowatts avec induit en anneau plat, construit par la Société d'Œrlikon. — 2 000 volts, 30 ampères ; 500 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde ; $\delta = 1,4$ cm.

Génératrice de 100 kilowatts pour traction électrique, de l'Union Elektricitæts Gesellschaft. — 650 tours par minute ; 550 volts, 184 ampères.

Moteur de tramway pour voie de 1 m, des ateliers dŒrlikon. — Tension : 450 à 500 volts ; intensité : jusqu'à 25 ampères ; rapport simple d'engrenages de 1 : 4,9.

Génératrice à courant continu de 72 kilowatts, construite par MM. Naglo frères, à Berlin. — 500 tours par minute ; 120 volts, 600 ampères.

Génératrice à courant continu de 48 kilowatts, étudiée par E.-G. Fischinger pour l' « Aktiengesellschaft Elektricitætswerke » (anciennement O.-L. Kummer et C°), à Dresde. — 250 tours par minute ; 120 volts, 400 ampères.

Alternateur à deux circuits séparés, étudié par E.-G. Fischinger pour l' « Aktiengesellschaft Elektricitætswerke » (anciennement O.-L. Kummer et C°), à Dresde. — 185 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde: Tension par phase : 1 400 volts ; tension composée : 2 000 volts ; courant par phase : 38 ampères.

Génératrice à courant continu de 22,5 kilowatts, de l' « Elektricitæts-Aktien-Gesellschaft » (anciennement Schuckert et C°), à Nuremberg. — 750 tours par minute ; 150 volts, 150 ampères.

Génératrice de 200 kilowatts, pour traction électrique, construite par l' « Union Elektricitæts-Gesellschaft ». — 150 tours par minute; 550 volts, 364 ampères.

Dynamo à courant continu de 624 kilowatts, de l' « Allgemeine Elektricitæts-Gesellschaft » à Berlin. — 105 tours par minute ; 240 volts, 2 600 ampères.

Génératrice triphasée de 210 kilowatts, de la Compagnie de Fives-Lille, à Paris. — 375 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde ; tension composée : 190 volts, 640 ampères par phase.

Génératrice triphasée de 200 kilowatts, de l' « Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft », à Berlin. — 167 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde ; montage en étoile avec une tension par phase de 2 900 volts ; tension composée : 5 000 volts ; courant par phase : 28 ampères.

Moteur triphasé de 75 chevaux, de l' « Allgemeine Elektricitæts-Gesellschaft », à Berlin. — 500 tours par minute ; $n = 50$ périodes par seconde ; tension composée : 4 750 volts ; tension par phase : 2 750 volts.

Alternateur simple de 150 kilowatts, de la maison Crompton et C°, à Londres. — 385 tours par minute ; 83,4 périodes par seconde ; 2 100 volts ; 72 ampères.

Génératrice à courant continu de 3,75 kilowatts, de la maison Siemens et Halske à Berlin. — 1 050 tours par minute ; 150 volts, 25 ampères.

Alternateur simple de 500 kilowatts, de la maison Ganz et C°, à Budapest. — 126 tours par minute ; $n = 42$ périodes par seconde ; 2 000 volts, 250 ampères.

Transformateur de 36 kilowatts, établi par G. Magnus. — $n = 50$ périodes par seconde ; 2 000 volts.

Génératrice triphasée de 200 kilowatts, de la « Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft » anciennement L. Schwarzkopff. — 120 tours par minute ; $n = 48$ périodes par seconde ; couplage en étoile avec 125 volts par phase ; tension composée : 200 volts pour un courant de 425 ampères par phase.

Réducteur double pour accumulateurs de 800 ampères avec 19 contacts et une résistance intermédiaire variable et fonctionnant sans étincelles, étudié et construit par le Dr Paul Meyer, de Berlin.

Transformateur de 16 kilowatts, étudié par E.-G. Fischinger pour l' « Aktien-Gesellschaft-Elektricitætswerke, anciennement O.-L. Kummer et C°, à Dresde. — Rapport de transformation : 1 430 à 170 volts.

Ajoutons à cette nomenclature que quelques-unes des méthodes employées pour le calcul de ces machines sont nouvelles.

L'ouvrage de M. Kapp constitue un livre absolu-

ment indispensable à tous ceux qui s'occupent de constructions électriques, et il est assez abordable malgré son prix élevé, car les éditeurs ont consenti à en répartir le paiement à raison de 5 fr. par mois. C.-F. GUILBERT.

Substitucion de la traccion de sangre por la electrica en la red de tramvias de Barcelona (Substitution de la traction électrique à la traction animale sur le réseau de tramways de Barcelone), par Enrique CAMPDERA Y SALA. Une brochure in-8°, *Pedro Ortega*, éditeur, Barcelone.

Comme le suggère le titre et comme le montre la lecture, il s'agit d'un ouvrage écrit spécialement pour le monde technique de Barcelone.

Son but paraît être : 1° de faire ressortir les avantages généraux de la traction électrique sur la traction animale; 2° de combattre le cahier des charges imposé par le conseil municipal et tendant à préconiser le système aérien.

Nous ne saurions trop, dans ce journal, encourager M. Campdera à poursuivre ce but; malheureusement, la lecture de son livre nous fait craindre que, malgré les excellentes intentions de son auteur, cet ouvrage ne desserve la cause pour laquelle il a été écrit.

La façon dont l'auteur traite son sujet ne peut en effet, être mieux caractérisée qu'en traduisant littéralement quelques passages du livre lui-même : « La solution du problème est indubitable, elle est même à la portée de l'ingénieur le *plus jeune* et le *moins expérimenté* et ne demande pas d'autres connaissances spéciales que *celle de la loi d'Ohm* (p. 6), ... aussi n'est-il point nécessaire d'être pour cela électricien » (p. 38).

La publication en question fournit la preuve qu'il n'est pas trop difficile d'écrire une brochure de 70 pages sur les *tramways électriques* sans avoir la moindre notion ni de l'électricité ni de la *traction électrique en particulier*. Cet artifice s'explique en partie par le fait que les quarante premières pages sont occupées par des découpures de différents journaux et comptes rendus de sociétés. Le reste se compose de calculs et tableaux, quelques-uns faux ou tout au moins sans aucune valeur pratique.

Citons-en quelques-uns :

Page 54 à 59, l'auteur veut prouver, en se basant sur la perte ohmique et l'*échauffement des rails* (!), que le fil de retour pour une ligne de **9 km** de longueur est superflu !

Le tableau III qui sert de base pour tous les calculs donne les ampères des moteurs en fonction du couple sans tenir compte des propriétés du moteur-série. Ainsi un même moteur dépenserait par exemple 39 ampères sur une pente de 44,4 p. 1000 et 10 ampères en palier. Or, même en supposant un coefficient de traction égal à 10 et en envisageant un moteur très peu saturé, les ampères seraient en raison inverse des racines carrées des couples résistants ; on aurait donc en palier un courant maximum

$$I = 39\sqrt{\frac{10}{10 + 44{,}4}} = 17 \text{ ampères.}$$

C'est-à-dire presque le double du chiffre donné par M. Campdera.

Pour plus de simplicité, le rendement des moteurs est supposé constant pour toutes les charges et égal à 85 p. 100, ce qui n'empêche pas que les ampères sont indiqués partout à un *1/100 d'ampère près*.

Citons enfin que dans l'établissement de la ligne, qui est calculé avec une approximation d'un *dix-millionième d'ohm* (!) (p. 54), l'auteur néglige, de gaieté de cœur, le retard possible des voitures qui, si l'on en tient compte, changerait naturellement tous les résultats.

Il est vraiment regrettable de voir un sujet si intéressant traité de cette façon légère ; nous ne cachons pas que nous aurions attendu tout autre chose de la plume d'un ingénieur appartenant au monde industriel, et nous ne pouvons expliquer les erreurs que nous avons relevées, que par la hâte avec laquelle il a sans doute été écrit dans le louable but de provoquer à bref délai un mouvement d'opinion en faveur de la traction électrique.

J. FISCHER-HINNEN.

Projet d'éclairage électrique public et privé de la ville de Vicence; par G. SARTORI, professeur à l'école industrielle de Trieste-Herrmanstorfer.

Le projet très bien étudié de M. Sartori préconise l'emploi de courants triphasés et leur transformation partielle en courant continu.

La station génératrice située à 1 500 m de la ville comprendrait deux moteurs à vapeur de 50 chevaux et deux alternateurs à courants triphasés, de 35 000 watts chacun, sous 950 volts composés ou 546 volts entre chaque borne et le point neutre.

Les courants seraient envoyés à une sous station d'où partiraient trois circuits d'éclairage par arcs en série de quatorze arcs chacun. L'intensité admise par les lampes du type Fremenesky est de 10 ampères.

Une partie de l'énergie sera transformée en courant continu à l'aide d'un transformateur tournant formé d'un moteur et d'une dynamo séparés, dispositif que l'auteur préfère aux convertisseurs dans le cas particulier.

Une petite batterie d'accumulateurs servira à assurer l'éclairage privé pendant les heures de faible charge et d'arrêt des alternateurs.

Le coût de l'installation sera d'environ 100 000 fr.

Le projet de M. Sartori contient en outre de nombreuses considérations sur les avantages du système proposé, ainsi que le calcul des lignes à haute et basse tension.

C.-F. G.

CHRONIQUE

La résistance du corps humain. — M. J.-E. Boyd décrit, dans la *Physical Review* d'Amérique, les expériences qu'il a faites à ce sujet avec des courants continus et des courants alternatifs. Le sujet trempait quatre doigts de chaque main dans deux vases contenant une solution de sel ammoniac et qui étaient reliés au générateur électrique. Pour les courants alternatifs, la résistance était obtenue en mesurant avec un électrodynamomètre le courant passant à travers une résistance donnée et, avec le même voltage, l'intensité passant à travers le corps. Avec des forces électromotrices variant de 4 à 6,8 volts, et des intensités variant de 2,6 à 4,4 milliampères, la résistance, pratiquement indépendante, entre ces limites, de l'intensité du courant, atteint en moyenne 1 550 ohms. Dans le cas des courants continus, la résistance des contacts était éliminée en mesurant la différence de potentiel entre les deux poignets ou entre deux points quelconques; la différence de potentiel sans courant était soustraite de celle qui était observée pendant que le courant passait pour éliminer l'action électrolytique. Avec 1,5 volt environ, et 0,8 milliampère, la résistance de poignet à poignet fut de 625 ohms; du liquide au poignet de la main qui y est immergée, 350 ohms ; la résistance totale en ce cas serait de 1 325 ohms; du poignet à l'épaule, 200 ohms; à l'extrémité de l'omoplate, 267 ohms; et de l'épaule au cou-de-pied, 291 ohms. P.

Sur le freinage électrique des voitures de tramways. — Le freinage électrique, bien que généralement employé, présente un inconvénient : pendant le freinage le moteur s'échauffe, souvent assez fortement, et, comme il n'a pas le temps de se refroidir pendant les arrêts de courte durée, le courant intense qui le traverse au moment du démarrage peut griller l'armature.

Pour éviter cet inconvénient la Compagnie des Tramways de Leipzig a supprimé du combinateur ou controller les touches de freinage et emploie un frein pneumatique. Elle n'a eu qu'à se louer de cette modification, car, d'après le *Praktische Machinen Constructeur*, elle n'a pas eu, depuis deux ans et demi, un seul des moteurs des 180 voitures en service détérioré par grillage. En outre l'usure des collecteurs a été beaucoup moins grande, et pendant cette période de deux ans et demi, 75 p. 100 seulement des collecteurs ont dû subir un second tournage.

La traction électrique sur les chemins de fer italiens. — Le 16 juillet dernier, la *Nuova Antologia*, publiait une étude du général Afan de Rivera, ancien ministre des travaux publics, sur la transformation de la traction des chemins de fer. Depuis cette époque la question est devenue toute d'actualité et il ne se passe pas de jour où la presse italienne ne s'en occupe.

Les journaux scientifiques ont aussi examiné le projet du général Afan de Rivera et le débat semble clos, au moins pour quelque temps, par la réponse que vient de faire la Direction générale des voies ferrées du Midi, et que nous indiquons plus loin. Néanmoins la discussion du projet présente quelque intérêt, et nous en résumons ici les principaux passages.

Auparavant, nous rappellerons une histoire humoristique qui a déjà été contée un peu partout et qui nous vient d'Amérique. Son intérêt ici est d'avoir été prise au sérieux par le défenseur de la traction électrique.

Le colonel Heft, directeur de la Société américaine New-York, New-Haven-Hartford, avait l'intention d'établir la traction électrique sur une partie du réseau exploité par la Société. La transmis-

sion aérienne étant impossible, il pensa à appliquer le système du troisième rail; mais il craignait une forte déperdition du courant par le sol. Ayant consulté à cet effet plusieurs électriciens, ceux-ci lui firent voir une série de calculs compliqués auxquels il ne comprit rien. Il demanda alors si le courant passait à la surface ou à l'intérieur du conducteur; sur onze personnes compétentes, cinq répondirent que le courant passait à la surface, cinq autres qu'il passait à l'intérieur, et le dernier qu'il n'en savait rien. Comme le président en savait autant, il décida de donner au troisième rail une section assez grande pour que si la force mystérieuse se décidait à y passer, elle ait un libre passage. Le système ainsi établi sur une ligne de 8 kilomètres, tout fonctionna parfaitement, pendant que les onze électriciens se fatiguaient la cervelle pour comprendre comment une chose si simple pouvait bien fonctionner.

Le général Afan ajoute, à ce propos, que les plus précieuses découvertes de la science appliquée sont dues au hasard, et qu'il faut se défier des théoriciens. C'est ainsi que « en France les compagnies de chemins de fer préfèrent aux ingénieurs sortis des universités, les élèves des écoles d'arts et métiers, qui, moins théoriciens, sont plus pratiques et suppléent à la théorie souvent inapplicable par une technique plus sûre ».

Revenons maintenant à la discussion.

La convention des chemins de fer date de 1885 et a une durée de soixante ans; mais cette durée est partagée en trois périodes de vingt ans, et à la fin de chaque période, chacune des parties contractantes peut rompre le traité, si elle a prévenu l'autre deux ans auparavant. Si le gouvernement italien veut des modifications, il doit s'y prendre avant le 1er juillet 1903. Par une circulaire du 17 juin dernier, le ministre des Travaux publics a ordonné aux préfets et ingénieurs du génie civil de ne plus accorder de concessions de chutes d'eau qui pourraient être, maintenant ou dans la suite, utilisées à la traction électrique sur les chemins de fer des régions environnantes, jusqu'où l'énergie peut être transportée.

Cette orientation vers la transformation totale du réseau italien, de façon à substituer l'électricité à la vapeur, est précisément celle que préconise le général Afan de Rivera, dans son étude. Il est d'ailleurs partisan déclaré du système à troisième rail, le transport par fil aérien présentant de grands dangers pour les individus qui peuvent être touchés par des fils rompus à la suite de bourrasques ou de fortes tombées de neige. L'interruption du service déjà gênante pour un tramway urbain, peut avoir des conséquences bien autrement importantes pour un chemin de fer, par exemple en temps de guerre. La transmission de force par fils aériens est nécessaire, mais lorsque l'on peut éviter ces fils gênants pour le service, il n'y a pas lieu de les employer, puisque les Américains se contentent eux-mêmes du troisième rail.

A dire vrai, la circulaire du 17 juin confisque toutes les chutes d'eau, et il est probable que l'Etat les laissera improductives parce que la traction électrique des chemins de fer appliquée à tous les réseaux est et restera longtemps sans doute un problème technique formidable; d'ailleurs, en admettant que l'on ait une bonne solution, où trouverait-on les sommes nécessaires à une pareille transformation. L'Etat ne se contente pas de confisquer les grandes forces hydrauliques, mais il refuse même les concessions de force minime de 30 à 40 chevaux, qui pourtant ne pourront jamais être utilisées sur les voies ferrées. D'autre part, il est peu probable que les forces hydrauliques exploitées par l'Etat pour les chemins de fer rapportent seulement autant que si elles étaient exploitées par des industries privées; il y a donc là une cause importante de perte pour le pays. Même avec un fort impôt sur le cheval-an, les industries pourraient se développer et emploieraient certainement plus uniformément l'énergie disponible que ne le ferait le service des chemins de fer.

Au point de vue de cette exploitation, il y a trois problèmes distincts : la génération, la transmission et l'utilisation de l'énergie. Le premier problème a reçu une solution satisfaisante, mais les deux autres sont loin d'être résolus. En admettant même que cela ne présente pas de difficulté, il y aurait peut-être avantage à produire l'électricité au moyen de moteurs fixes; l'énergie reviendrait encore à un prix cinq fois moindre qu'en employant les locomotives actuelles, et on laisserait les forces hydrauliques à la disposition du pays; les industriels, pouvant en effet installer leur usine au voisinage des chutes, en tireront en général meilleur parti qu'un chemin de fer, qui ne peut être dévié pour se rapprocher de la source d'énergie.

Quant à l'objection faite à la transmission aérienne en cas de guerre, elle s'adresse aussi au troisième rail; il n'y a qu'une solution dans ce cas, c'est la locomotive indépendante : or il ne faut pas songer

aux accumulateurs, et l'avantage reste à la vapeur.

Le système à troisième rail, insuffisamment isolé, ne peut servir à grande distance, ni avec de hauts potentiels, il faudrait donc toujours une ligne de renforcement aérienne suivant la voie, car on ne peut songer à un câble souterrain ; par suite les inconvénients de la transmission aérienne subsistent quand même.

Nous signalerons dans la réponse de la Direction générale des chemins de fer italiens du Midi quelques parties vraiment modernes à propos de l'organisation de la traction électrique,

Dans l'exercice des chemins de fer, pour la traction des grandes lignes et le service des marchandises, il est indispensable d'employer de grandes unités mécaniques. La distribution aux voitures est assimilable à un transport à distance et, à moins de multiplier les sous-stations de transformation et d'employer des conducteurs de trop forte section, il faut se servir de potentiels élevés. La transmission par troisième rail de la ligne Nantasket-Beach n'est qu'une solution de détail. D'ailleurs que le courant soit distribué par fil aérien ou rail isolé, il faut au point de vue technique que le potentiel de la ligne de service soit élevé pour l'économie, et que les moteurs soient insérés en dérivation pour la régularité du fonctionnement.

Le service des chemins de fer italiens sur les lignes principales est satisfaisant et peut soutenir la comparaison avec les services des autres pays, quoique les lignes soient établies dans des conditions inférieures. Il n'y a donc pas lieu de l'améliorer.

Mais en dehors des lignes principales, surtout sur celles de diramation ou de raccord qui forment une bonne moitié de l'extension kilométrique du réseau, et même sur les lignes principales au point de vue du trafic local, le service laisse à désirer et les plaintes du public sont en grande partie justifiées.

Le trafic limité ne comporte pas une augmentation de trains pesants ; ceux-ci accroîtraient encore les dépenses d'exploitation qui pour quelques lignes montent déjà au double de leur produit; les quelques trains sont liés aux coïncidences des lignes principales et ne se prêtent pas au mouvement local qui prédomine sur les lignes.

En outre ce petit nombre de trains doit avoir une vitesse limitée et faire de longs arrêts dans les gares.

Pour améliorer le service sur ces lignes, il faut donc une mesure radicale; il faut abandonner l'unité de train pesante, coûteuse, comme elle est aujourd'hui, et lui substituer l'unité de train plus légère, pour le seul service des voyageurs, en laissant là où c'est utile les plus grands moyens de transport des marchandises, qui doit se faire séparément et requiert de fortes unités de traction.

Il faut donner à ces trains légers une vitesse suffisante pour rendre sensible l'avantage du transport en chemin de fer, en abandonnant l'idée erronée d'obtenir une économie dans les services locaux par la réduction des vitesses actuelles qui au contraire devront être augmentées; et il faut établir de nombreuses courses aux heures opportunes pour recueillir tout le trafic possible.

Voilà au point de vue technique ; au point de vue économique, il faut diminuer les tarifs, simplifier les services, réduire les dépenses d'exploitation inutiles dérivant de l'application de règlements qui datent de cinquante ans et ne sont pas adaptés aux nouveaux besoins.

En agissant ainsi, non seulement on améliorerait la situation des lignes ferrées au bénéfice de l'Etat, en changeant en actif le passif qui existe sur beaucoup de lignes, mais on pourrait encore construire de nouvelles lignes, là où les besoins l'exigent et on apporterait une augmentation notable à l'économie du pays par le transport à bon marché des voyageurs et des marchandises.

Ce programme peut être réalisé sans l'application de l'électricité; mais cette solution est plus élégante et plus rapide et permettrait de s'affranchir de l'étranger, pour le charbon, en utilisant les richesses naturelles de l'Italie. G.

Omnibus avec accumulateurs à Berlin. — Cet omnibus, que vient de mettre en service l'*Allgemeinen Omnibusgesellschaft* de Berlin contient vingt places assis et six debout, mesure 7 m de long sur 2 m de large et pèse, y compris sa batterie d'accumulateurs, 6 650 kg. La batterie se compose de vingt-quatre caisses contenant chacune cinq éléments et son poids total est de 1 700 kg supporté pour les trois quarts par l'essieu d'avant qui est l'essieu moteur.

La vitesse est de 6 à 12 km à l'heure et la batterie doit être rechargée après une course de 60 km. Au démarrage, il faut un courant de 50 ampères sous 225 volts; en vitesse moyenne, il suffit de 35 ampères et 40 ampères assurent la vitesse maxima.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 12 Novembre 1898 6e Année. — N° 46.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ (1)

Le principe du *système de synchronisation* récemment breveté par la SOCIÉTÉ POUR LA TRANSMISSION DE LA FORCE PAR L'ÉLECTRICITÉ et destiné principalement aux transmissions de signaux, est la suivante :

Soient O et O′ (fig. 1) les deux axes à syn-

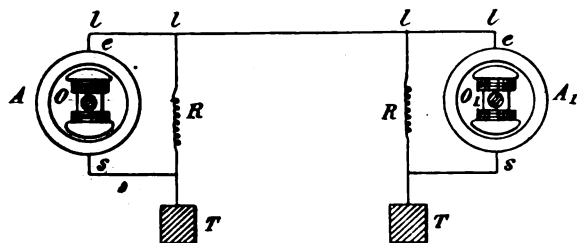


Fig. 1.

chroniser et actionnés par des dynamos continues et, montés sur ces axes, deux alternateurs A et A′, identiques, reliés par le fil *le* et par les terres TT, avec interposition des dérivations RR, à résistances sans auto-induction; si la résistance *r* de la ligne *l* est faible et à faible auto-induction, les moteurs se synchroniseront parce qu'il se produira à chaque instant en *l* des courants synchroniseurs d'intensité I, développant par A et A′, sur O et O′ des couples résistants compensateurs. Mais si la résistance *r* augmente, I devient trop faible pour exercer une action réelle, à moins que l'on ne produise dans les dérivations RR des forces électromotrices $e = KI$, c'est-à-dire proportionnelles à I, telles que l'on ait, en désignant par h_1 et h_2 les potentiels aux extrémités de *l* et par I_1 et I_2 les intensités aux dérivations R correspondantes

$$I_1 = \frac{h_1}{R} + K\frac{(h_1 - h_2)}{rR}$$
$$I_2 = \frac{h_2}{R} - \frac{K(h_1 - h_2)}{rR}$$

Dans ces conditions, une variation du potentiel $h_1 - h_2$ sur *l* provoquera dans les alternateurs A et A′ des variations de puissance proportionnelles à

$$\pm \frac{h_1 - h_2}{r}\left(1 + \frac{K}{R}\right)$$

comme si la résistance *r* de *l* était réduite à $\dfrac{r}{1+\dfrac{K}{R}}$.

L'un des moyens de réaliser ces forces électromotrices *e* consiste à intercaler en RR (fig. 2 et 3) des dynamos continues D actionnées par les moteurs de A et de A_1, avec

(1) *L'Éclairage Électrique*, 17 septembre 1898, p. 497.

leurs inducteurs en série sur ll, ce qui permet de rendre facilement le facteur $1 + \frac{K}{R}$

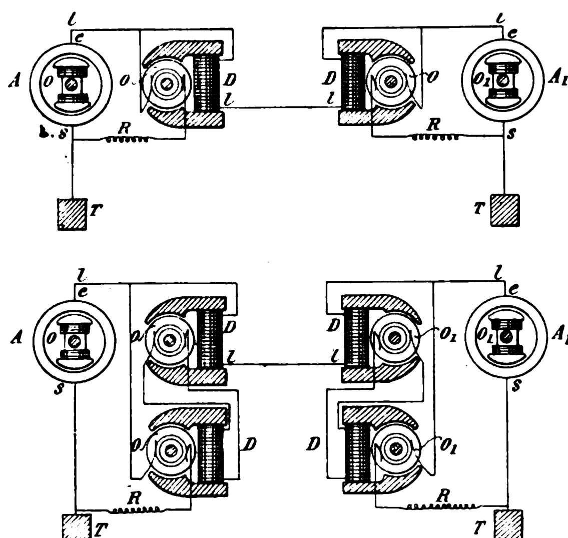


Fig. 2 et 3.

aussi grand que l'on veut. Ces dynamos peuvent avoir (fig. 4 et 5) leur armature Gramme, à collecteur C et balais F F, entourée par l'inducteur lamellaire M M, à deux

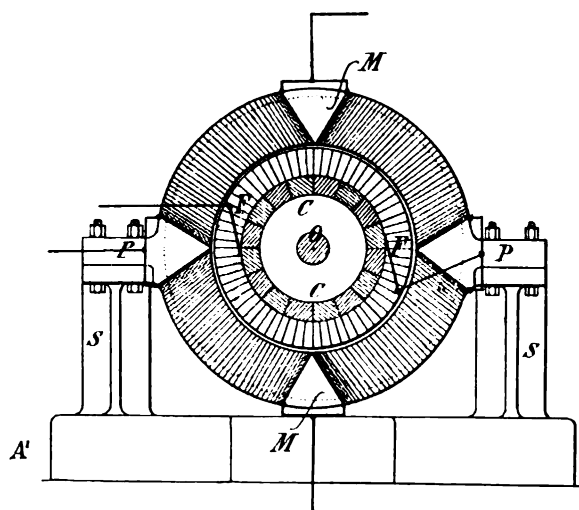


Fig. 4.

enroulements, dont l'un, à pôles X et Y, a ses deux circuits $X a Y$ et $X b Y$ égaux, avec chacun le même nombre de tours que le circuit de l'armature, reliés à l'armature en série et en opposition de manière à annuler la réaction de l'armature ; le second enroulement à pôles, $X_1 Y_1$, diamétralement opposés

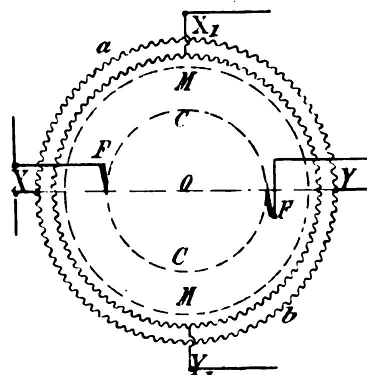


Fig. 5.

à X Y, constitue le circuit inducteur proprement dit de la dynamo.

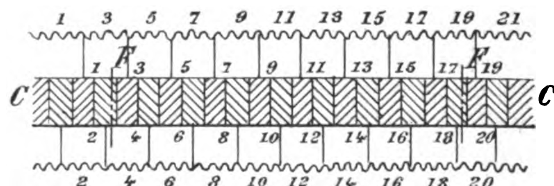


Fig. 6.

L'armature est cons-

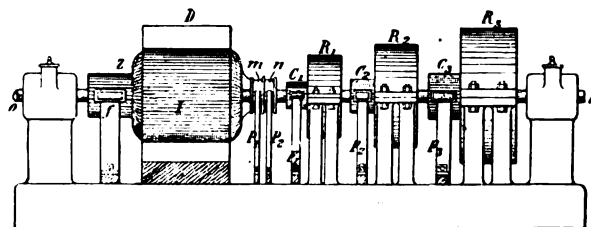


Fig. 7 et 8.

tituée par un nombre de sections multiple

de 4 avec (fig. 6) les sections paires d'un côté du collecteur C C, et les impaires de l'autre, les paires reliées ensembles et aux lames paires de C, et vice versa, de sorte qu'elles ne peuvent être mises en court-circuit pendant le passage des balais F F d'une lame à l'autre.

Dans l'installation (fig. 7 et 8), à trois dynamos renforceuses R_1 R_2 R_3, l'axe O, à synchroniser avec son correspondant au bout de la ligne *l*, est commandé par une dynamo continue D, dont l'inducteur est excité par une pile locale, ainsi que l'armature par les balais *ff* du collecteur Z. Les balais *ff* sont reliés aux collecteurs *m n*, calés sur O, et dont les balais p_1 p_2 renferment la dérivation R (fig. 3) qui comprend les inducteurs de la dynamo R_1, dont le courant, recueilli par F_1 F_1, excite R_2, laquelle excite R_3, dont le courant revient par F_3 à la dérivation. L'arbre O doit, en outre, tourner assez vite ou porter un volant assez lourd pour que son régime ne soit pas troublé par les extra-courants développés par les variations rapides de $h_1 - h_2$.

Le *contrôleur* de M. H. Sée est destiné à la commande électrique à distance des gouver-

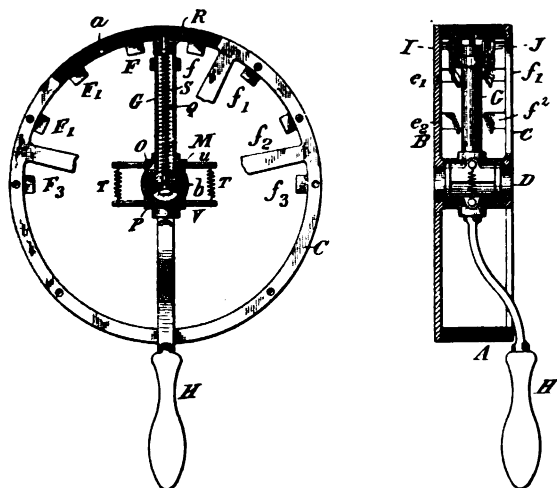


Fig. 9 et 10. — Contrôleur Sée (1897). Manipulateur.

nails de navires par une génératrice 1 (fig. 12) et une réceptrice 4.

Le manipulateur A (fig. 9 à 13) est à deux fonds B et C, isolés l'un de l'autre et reliés : B, par 11, à 2, et C, par 9, à 3 avec contacts (F F_1... *f* f_1...) et (E E_1... *e* e_1). Le bras G pi-

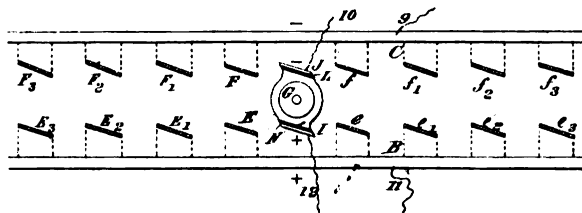


Fig. 11. — Contrôleur Sée. Détail des touches.

voté en D, porte des contacts inclinés I et J, isolés en L et N et reliés aux fils 10 et 12. Si l'on tourne la manette H de C à droite, ce qui déplace I J à gauche (fig. 11), J passe sur F, mais isolé par L, et I faisant contact sur E ferme les circuits par 2, 11, B, E, 1, 12.

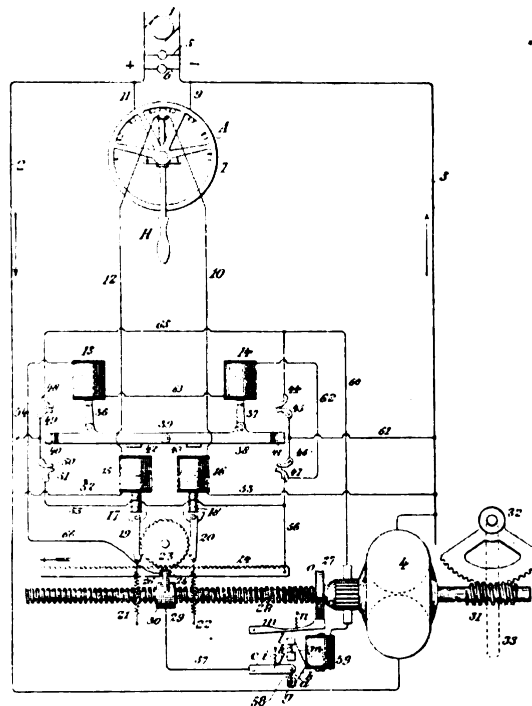


Fig. 12. — Contrôleur Sée. Schéma de l'ensemble.

Quand on tourne H à gauche, J ferme au contraire le circuit *f* f_1..., par le conducteur positif 2 ; puis quand, après avoir ainsi franchi tous les contacts *f*, G retourne à gauche, c'est I qui, montant sur e_3 e_2... ferme leurs contacts, J étant coupé de f_3... par L, et de

même au retour de l'extrême gauche à droite, I ferme les contacts E_3 E_2...

Quand H, poussé à droite, ferme par I E le

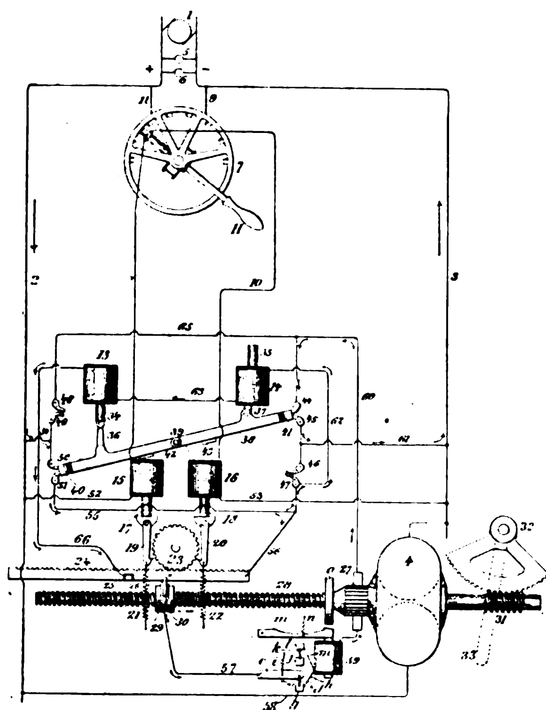


Fig. 13. — Contrôleur Sée. Schéma de l'ensemble.

circuit + 2, il ferme aussi la dérivation 12, 15, 52 (fig. 12), de sorte que le solénoïde 15 attirant son armature 19, avance à gauche; par 23, la crémaillère 24, rompant ainsi le contact 30-26 et fermant celui 30-24, comme en figure 13. En même temps 15, attirant 42, fait basculer 38 de façon à fermer les contacts 50-51 et 44-45 des circuits (2, 54, 50, 51, 56, 24, 30, 58, 59 4) et (60, 41-44, 62, 3), de sorte que la réceptrice 4 se met à tourner dans un certain sens en entrainant d'un côté par 31-32, la barre de gouvernail 33, et, par 28, l'écrou 29-30, qu'il pousse vers le contact 26.

Quand 30 est en prise sur 26, le circuit est fermé par (2, 54, 40, 50, 51, 55, 62, 14, 63, 13, 66, 26, 57, 4, 60, 41, 44, 45, 61, 3), de sorte que 13 et 14, ramenant 38 dans sa position horizontale (fig. 12), rompent le circuit du moteur, qui est arrêté par le frein électromagnétique 59, et maintenu, ainsi que 33, dans une position fonction du déplacement de 24 ou du nombre des contacts E E_1... passés par G.

Pour faire rétrograder la barre 33 à droite, il faut pousser H à gauche, de manière à fermer par F F_1... le contact 3, 10, 16, dont

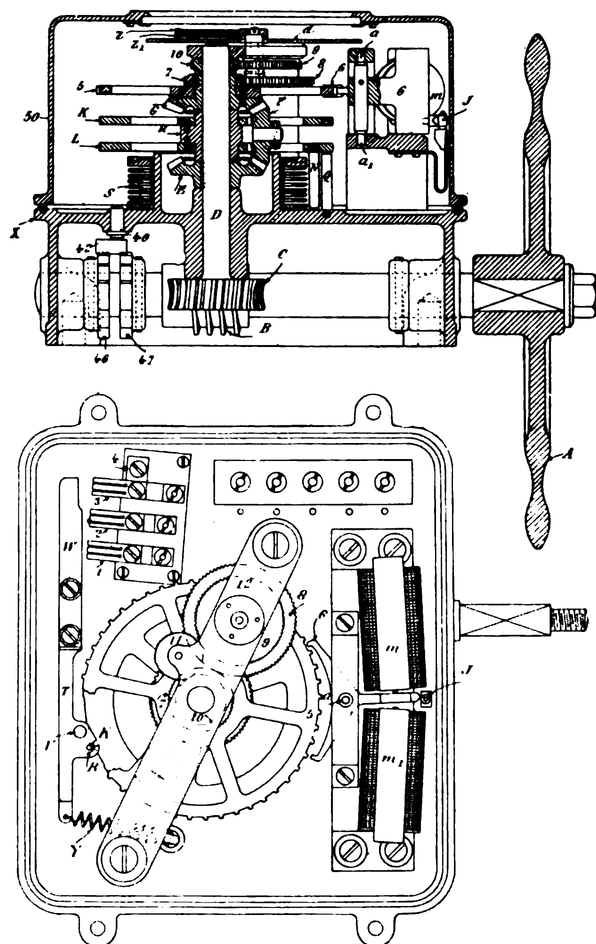


Fig. 14 et 15. — Transmetteur Smith et Elphinstone (1897). Coupe verticale et plan.

l'armature 18 fait, par 20, rétrograder 24 à droite, et 43 basculer 38 à droite, de manière à fermer par 48-49, 46-47 le circuit en (2, 54, 40, 48, 49, 65, 4, 59, 58, 57, 30, 24, 56, 41, 46, 47), de sorte que 4 tourne en sens contraire de précédemment, jusqu'au nouveau passage de 30 sur 26.

On remarquera que l'axe D (fig. 9) est entouré par une douille en deux pièces : P, solidaire de H, et O, solidaire de G, reliée à P par les ressorts T. Quand on tourne H, P

pivote d'abord autour de *b* de manière à retirer la tige Q, malgré son ressort *s*, de l'encoche *a*, où elle se trouve en ce moment, et, aussitôt celui des ressorts T surtendu par ce mouvement de P amène vivement G en face de l'encoche *a* suivante, où Q l'enclenche jusqu'à une nouvelle poussée sur H, qui, grâce à l'écartement des encoches *a*, déterminé en conséquence, fait ainsi marcher G d'un plein contact à l'autre.

Quand le plomb *d* (fig. 13) est fondu, le levier *c*, tiré par le ressort *j*, rétablit le courant par le second plomb *k*; et, dès que le circuit du solénoïde *sq* est rompu, l'armature *mn*, rappelée par un ressort, serre le frein *o* de 4.

Le *transmetteur* de MM. Smith et Elphinstone est commandé par une manette A (fig. 14), qui, par C B D E, actionne le train

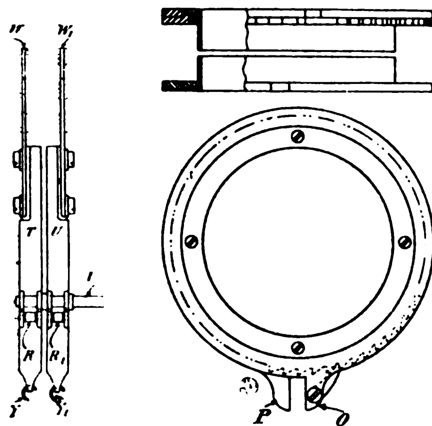


Fig. 16 et 17.

différentiel F G H, tel que, si l'on immobilise G, FH tourne autour de D deux fois moins vite que DE, H porte deux cames semblables K et L (fig. 25), et sur L, un toc N, passant, suivant le sens de la rotation de L, sur l'un des taquets P ou O, fixés aux extrémités du ressort S ; quand N pousse O, il l'entraîne, P restant buté sur Q; l'inverse a lieu s'il presse O, de manière à tendre dans les deux cas le ressort de rappel I.

Les deux leviers T et U, pivotés sur V (fig. 16) dont les galets R et R_1 sont appuyés, par Y et Y_1 sur K et sur L, relient par W ou

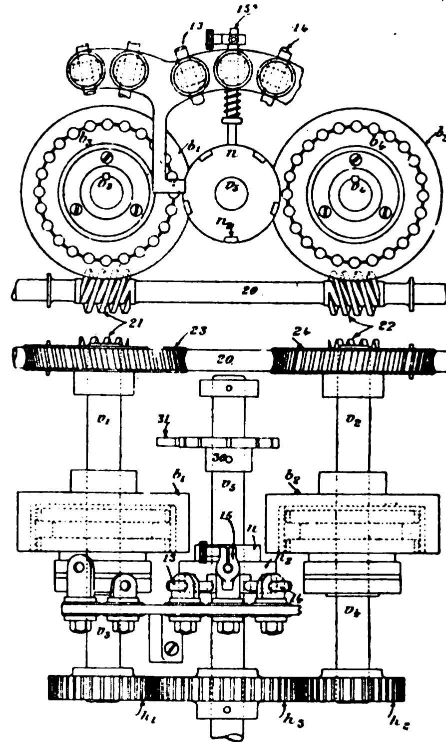
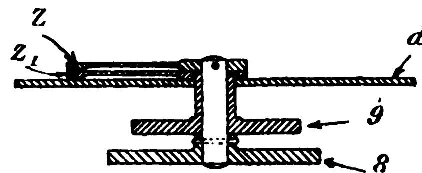


Fig. 18 et 19.

W_1 quand ils passent sur les bas M des



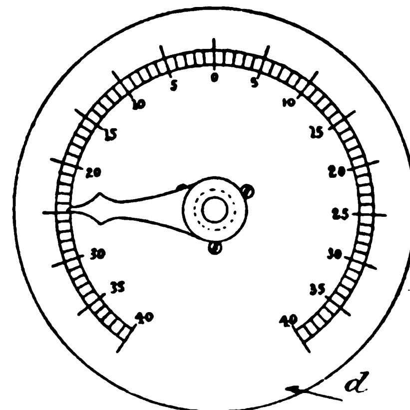


Fig. 20 et 21.

cames, les contacts 1 2 3 ou 1 2 et 4. Le mou-

vement de la roue G est contrôlé par 5, avec ancre 6, pivotée en *a*, et commandée par les

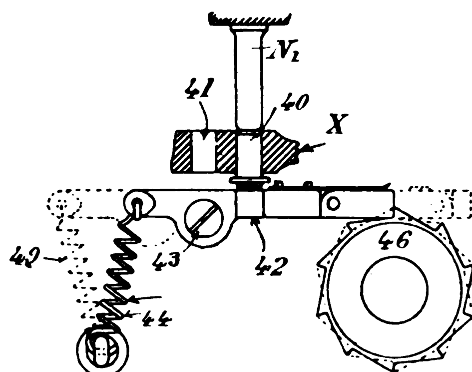


Fig. 22 et 23.

électros *m* m_1 et le ressort de garde J, et le pignon 7, solidaire de G commande par 8,

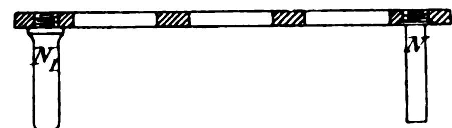


Fig. 24 et 25.

l'aiguille z (fig. 21) du quadrant *d*, indicatrice des rotations de G. Le pignon 10, calé sur D, commande par 11 et 9 une seconde

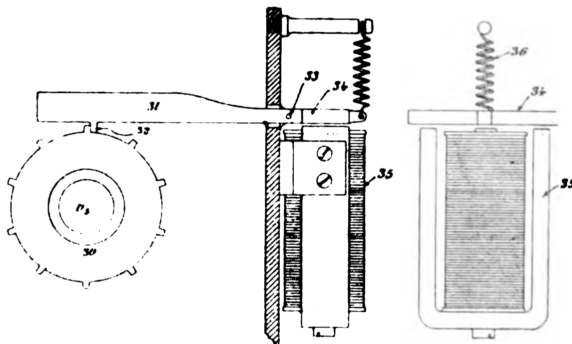


Fig. 26 et 27.

aiguille z_1 indicatrice des rotations de D et de

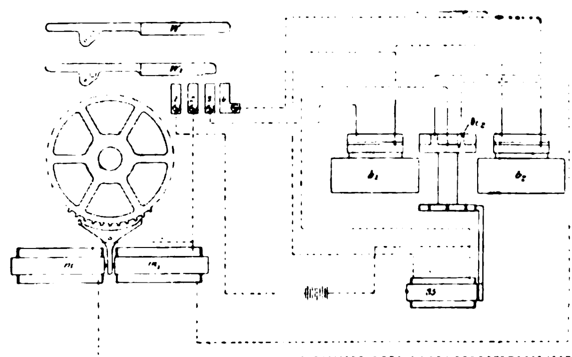


Fig. 28.

E, ramenées par l'intermédiaire R 11 au même sens que celles de G.

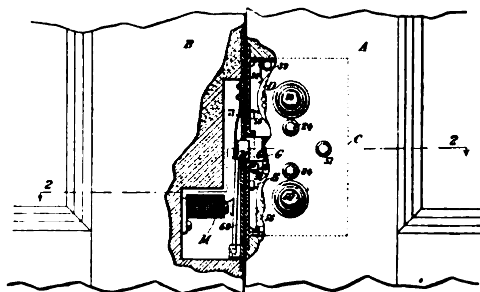


Fig. 29 et 30. — Serrure Carleton (1898). Élévation et coupe 2-2.

Le récepteur est (fig. 14 et 28) commandé

par un arbre 21, qui tourne toujours, et entraîne par 21-23, 22-24 les arbres v_1 et v_2,

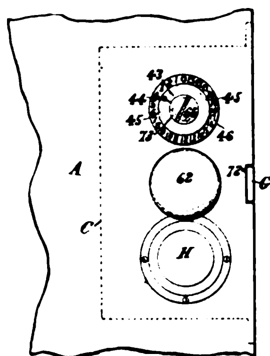


Fig. 31.

reliés par les embrayages électromagnétiques b_1 et b_2 aux arbres v_3 et v_4, conjugués par les

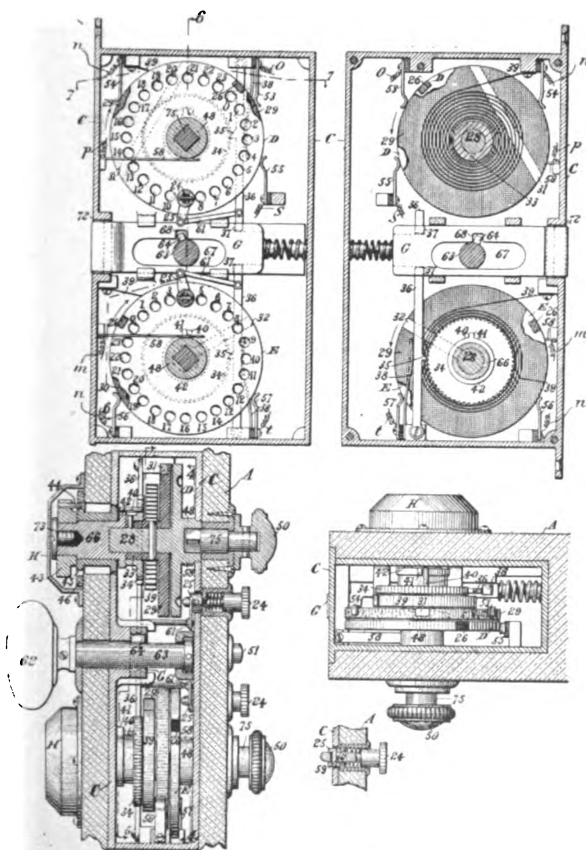


Fig. 32 à 36.

pignons h_1 h_2 h_3, de sorte que h_3 et son arbre v_5 tournent dans un sens ou dans l'autre, suivant que l'on embraye b_1 ou b_2. A cet effet, v_5 porte un commutateur n n_1, à trois balais, dont deux, 13 et 14, reliés (fig. 28) à m et m_1, sont en contact avec l'anneau métallique n_2, et l'autre, 15, avec ses dents.

Quand on tourne A (fig. 14 et 28) D et E tournent d'un angle indiqué par 7, en entraînant F H et les deux cames K et L, qui tendent le ressort S, et, par T ou U, ferment les

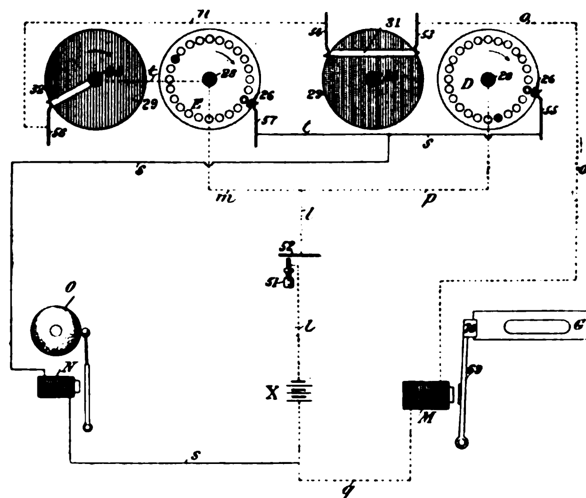


Fig. 37.

contacts 1, 2 et 3 ou 1, 2 et 4, suivant que l'on tourne A à droite ou à gauche, ce qui envoie le courant en b_1 ou en b_2, de manière que l'arbre v_5 du récepteur tourne dans le sens de A, et, par le commutateur n_1, envoie des courants aux électros m m_1 du transmetteur. Ces électros déclenchent à chaque courant l'ancre 6, qui permet ainsi au ressort S de ramener graduellement G et les cames K et L à leurs positions primitives, où elles rompent les contacts 1, 2, 3 et 4, et arrêtent le récepteur, après que v_5 a tourné proportionnellement à la rotation de A. Cet arbre v_5 porte (fig. 19 et 26) une roue 30 qui, dès la rupture du contact 1, 2, 3, 4, est enclenchée en 32 par l'armature 31, 32, 33 de l'électro 35, relié à ces contacts et qui assure ainsi la précision de l'arrêt de v_1.

En outre, on a percé (fig. 22) dans la base X du transmetteur deux trous, comme 41, avec chacun une fiche 40 ; au repos, la touche N_1 de la came L est exactement entre les

fiches 40 et 41, mais quand L tourne à droite ou à gauche, N_1 repousse, par 40 ou 41, les leviers 42 ou 45, malgré leurs rappels 44 et 49, de façon à appuyer sur les rochets 46 ou 47 leurs cliquets à ressorts, qui empêchent A de reculer tant que l'échappement G n'est pas déclenché par son ancre; on est ainsi assuré que les circuits des embrayages *b* et b_1

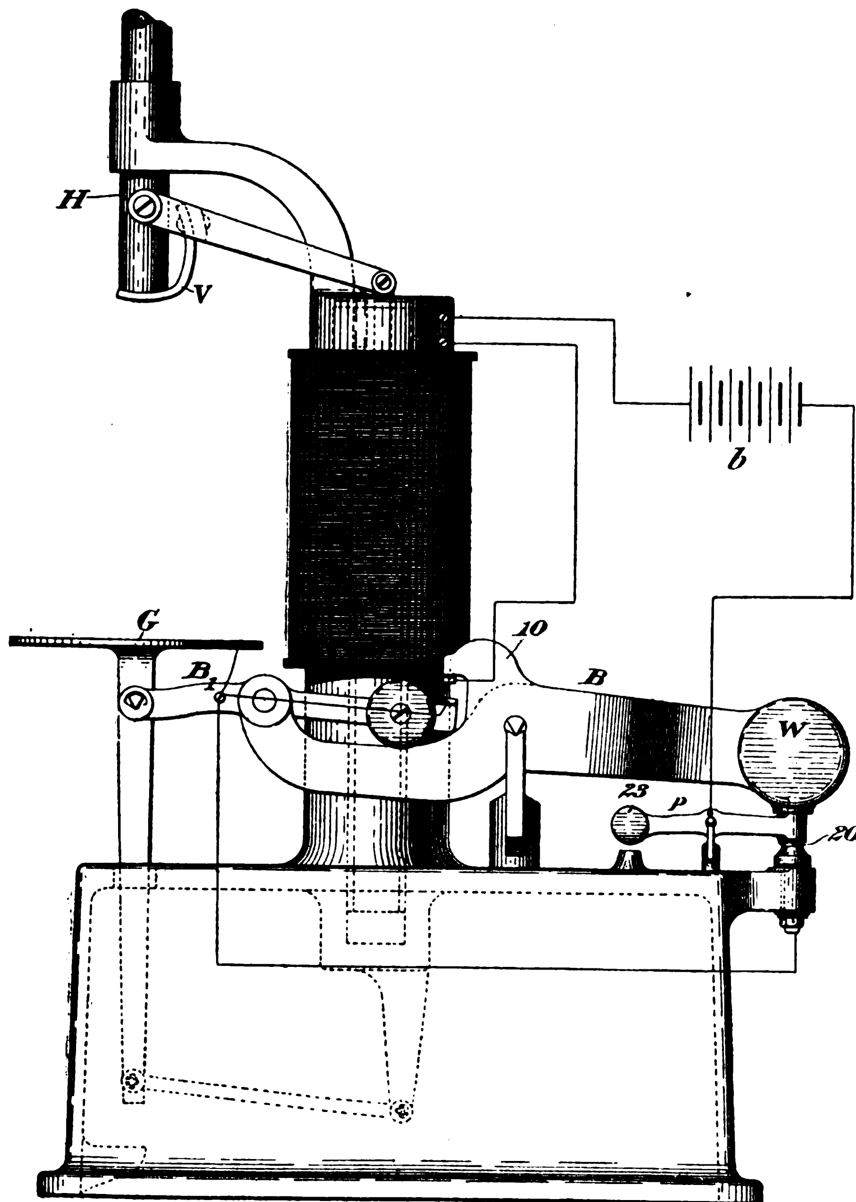


Fig. 38. — Balance électro-magnétique Richards.

ne sont jamais rompus sans que v_5 ne soit dans la position voulue pour cette rupture.

Le principal organe de la *serrure électro-magnétique* de C. Carleton est constitué par (fig. 29 et 32) deux disques identiques en bronze D et E, pouvant être manœuvrés de l'extérieur par les boutons 50, percés de trous marqués de o à 23 dans lesquels s'engage l'indicateur 24, et interrompus au *o* par un

isolant 26. Les axes 28 de ces disques portent chacun un plateau isolant 29, traversé d'un contact métallique 31 pour le plateau supérieur, 32 pour celui du bas; en outre, les moyeux 33 de ces plateaux ont chacun un rochet 34, à cliquet 35-36, avec rappel 38, et engagé en 37 dans le penne G. Un ressort de montre 39 rappelle chacun de ces plateaux et disques à leur position normale.

Chacun des rochets 34 attaque par sa butée 40 celle 41 du plateau 42 de l'axe 66, dont les roues 43, fixées par les vis 73 et protégées par les couvercles H, portent chacune un piton 44, que l'on engage dans les trous 45 d'un cadran 46, correspondant aux trous de D et de E.

Les indicateurs 24 actionnent par 25-61 les cliquets 36 quand on les tourne.

Pour ouvrir mécaniquement la porte A B, il suffit de tourner le bouton 62 qui, par 63, 64, 68 (fig. 33) retire le pêne G.

Le fonctionnement électrique s'opère comme il suit, par l'électro M et l'enclencheur 69-70. Supposons que l'on ait choisi comme chiffres de combinaison ou secret 4 pour le disque D et 12 pour E. A cet effet, on dévisse

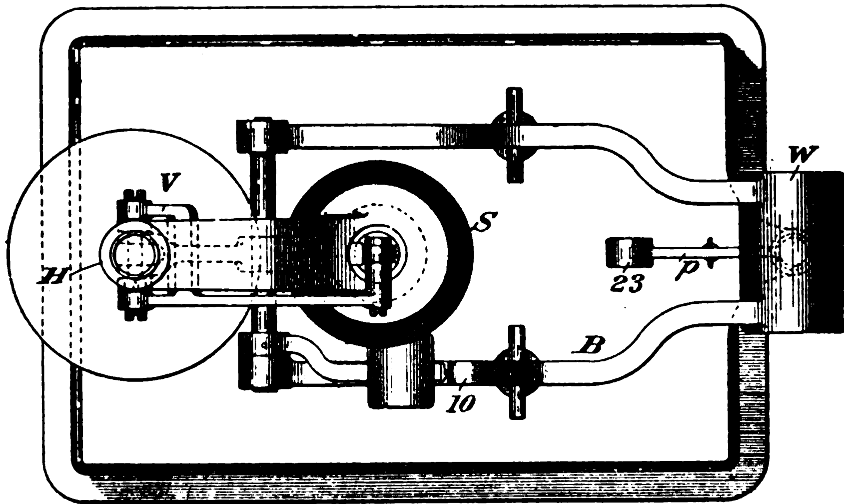


Fig. 39.

les goujons 73 afin de permettre de tourner les roues 43, on recule par 60 le pêne G de manière à déclencher 36 (fig. 33), ce qui permet la rotation de D, de E et de 29. On tourne alors la roue 43 de D de manière à amener son piton 44 en face du trou 4 de 46, où on l'enclenche en revissant 73 ; cette rotation de 43 entraîne 42 et 41, sur lequel le ressort 39 amène la butée 40 du rochet 34, qui arrête ainsi le disque D dans sa position de départ ou de repos avec son zéro en face de 24. On opère de même pour E et le chiffre 12. Ceci fait, il suffit de tourner D par 50, en appuyant sur 24 jusqu'à ce que 24 ait passé quatre trous de D, pour amener l'isolant 26 de D sur le contact 55 (fig. 32 et 37) et la barre métallique 31 de 29 sur 53 et 54, puis de tourner de même E de 12 trous, pour amener son isolant 26 sur 57 et la barre 32 sur 56. La combinaison étant ainsi faite et maintenue par les cliquets 36, si l'on presse le bouton 51 (fig. 31 et 37) on ferme le circuit de la pile *x* sur M par (*l*, *m*, 28, E, 32, 29, 53, o, M, 9), de sorte que M, attirant 60, 70 de devant G, ouvre la porte. Après cette ouverture, on tourne 62 de manière à déclencher les cliquets 34, ce qui permet aux ressorts 39 de ramener les disques à leur position de repos, déterminée par les butées de 40 sur 41, position où le circuit de M est rompu et G enclenché par 70.

Si l'on ne tourne pas D et E conformément à la combinaison, la fermeture du circuit en 15 fait partir une sonnerie d'alarme N, en fer-

***

mant son circuit par *l*, *p*, 28, D, 55, *s* ou par *l*, *m*, 28, E, 57, *t*, *s*, suivant que E ou D ne sont pas dans la position voulue.

Enfin, pour réparer une erreur dans la rotation des disques D et E, il suffit de tourner le bouton 24 correspondant de manière à déclencher 34, de sorte que le ressort 39 ramène ce disque au repos.

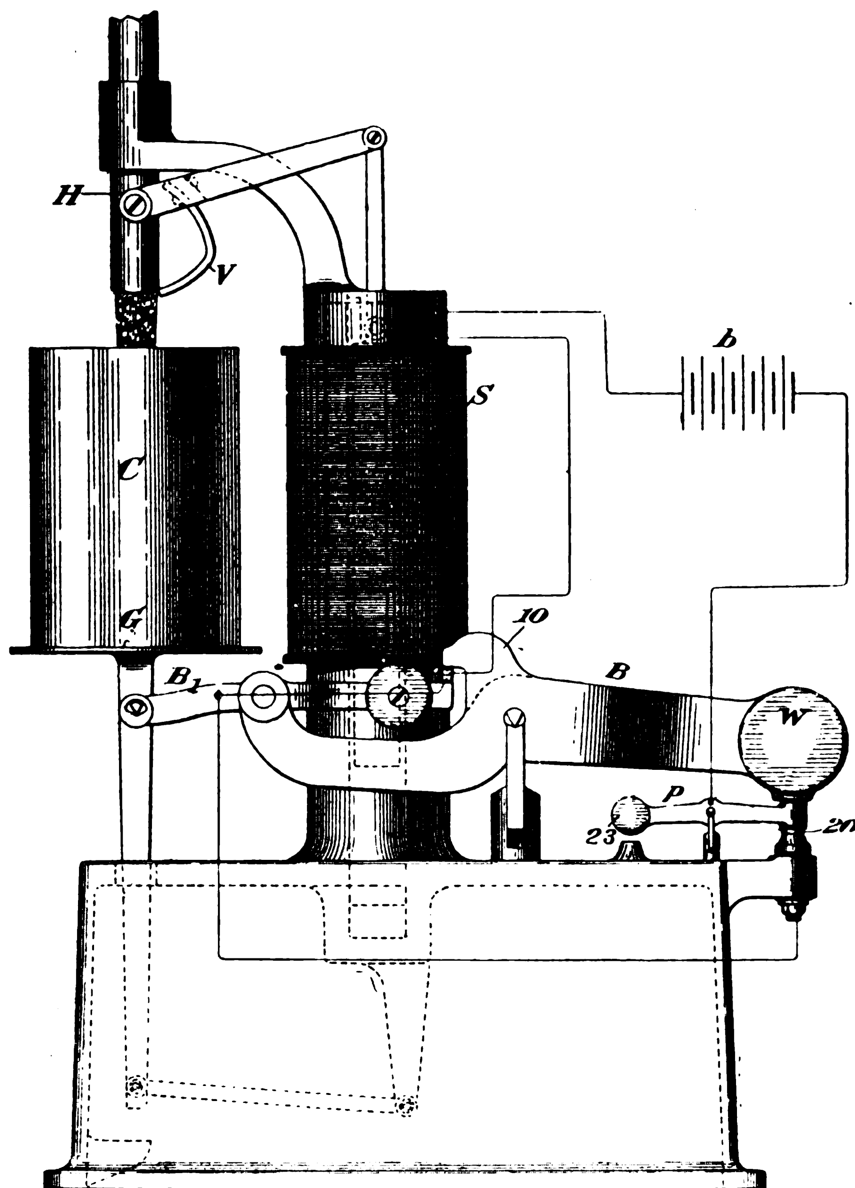


Fig. 40.

La *bascule électromagnétique* de RICHARDS représentée par les figures 30 à 41 a pour but de peser automatiquement des matières liquides ou granuleuses, déversées d'un tuyau H, dans une boite C, en tenant compte du poids de C ou de la tare. Dès que l'on place C sur le plateau G, le petit balancier B', taré en raison des poids de C, ferme en 10, comme en figure 40 le circuit de la pile *b* et du solénoïde S qui, soulevant son armature, ouvre

la vanne V et H. Dès que C commence à descendre, en soulevant par B′ 10 le balancier B, le balancier *p* rompt (fig. 41) le circuit en 20 et le solénoïde S ferme H par la chute de

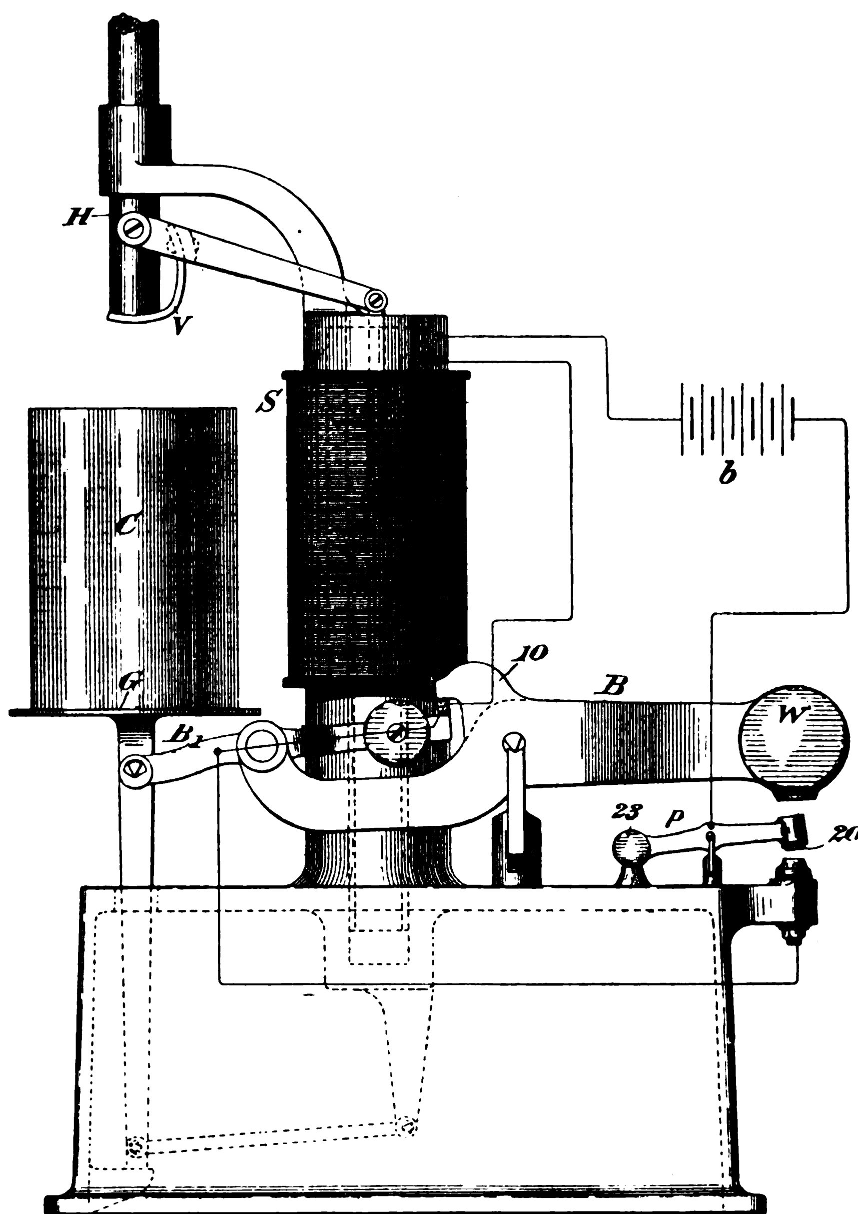


Fig. 41.

son armature; la balance tient compte du poids de matières qui s'écoule pendant cette fermeture, car on règle le contrepoids 23 de manière que la poussée de 20 sur W soit équivalente à l'action de cette surcharge en G.

(*A suivre.*)

G. Richard.

ÉTUDE DES MOTEURS A CHAMPS TOURNANTS (1)

VII. — Fonctionnement des moteurs asynchrones a champs tournants alimentés par des courants polyphasés, abstraction faite des dispersions magnétiques et des pertes par hystérésis et par courants de Foucault.

Nous possédons dans le dernier paragraphe tous les renseignements nécessaires pour déterminer les conditions du fonctionnement des moteurs asynchrones à courants polyphasés.

Nous étudierons les fonctionnements à courants constants et à tensions courantes d'alimentation, puis, particulièrement le démarrage.

A). Fonctionnement sous courants constants d'alimentation.

I. — *Couples, vitesses, rendements électriques.*

a). *Courbe des couples bruts en fonction des retards ou glissements* $(\omega_1 - \omega_2)$. — Reprenons la formule (22) des moteurs multipolaires en général.

$$C = A\frac{I^2_1}{\mathfrak{R}^2}\frac{(\omega_1 - \omega)_2 R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}, \quad A = \frac{m_2}{2} M^2_1 p \mathfrak{R}^2.$$

Supposons d'abord que la réluctance $\mathfrak{R}$ des circuits magnétiques soit constante; par le fait, L'_2 est aussi constante et l'on peut poser :

$$\frac{A I^2_1}{R^2} = B,$$

$$C = B\frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \qquad (39)$$

Dans la formule (39), R_2 et L'_2 sont donc invariables.

Dans la marche à vide, donc vers le synchronisme, la vitesse ω_2 de l'induit atteint presque celle ω_1 du flux résultant $(\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2$ est faible relativement à R^2_2 et l'on peut écrire :

$$C = B\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2}$$

On peut donc dire qu'au synchronisme le couple serait nul, et que, vers ce point, le couple augmente avec le retard $(\omega_1 - \omega_2)$ *à peu près proportionnellement à ce dernier.*

La courbe y est donc tangente à une droite

$$Y_1 = B\frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2} \qquad (40)$$

dont le coefficient angulaire est inversement proportionnel à la résistance de l'induit.

Au démarrage, $\omega_2 = 0$ et $\omega_1 - \omega_2 = \omega_1$; $(\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2$ est grand relativement à R^2_2 et la formule devient approximativement :

$$C = B\frac{R_2}{(\omega_1 - \omega_2) L'^2_2}$$

On voit qu'alors $C(\omega_1 - \omega_2) = B\frac{R_2}{L'^2_2} =$ constante et que la courbe tend vers une hyperbole dont l'équation est

$$Y_2 = B\frac{R_2}{L'^2_2} \times \frac{1}{(\omega_1 - \omega_2)} \qquad (41)$$

Le couple augmente quand le retard diminue.

Au démarrage, le couple est donc minimum et égal à

$$C_{dém.} = B\frac{R_2}{\omega_1 L'^2_2} = \frac{A I^2_1}{\mathfrak{R}_2}\frac{R_2}{\omega_1 L'^2_2} \qquad (42)$$

A partir du démarrage, le couple augmente, au fur et à mesure que le retard diminue, suivant les ordonnées d'une courbe tangente à une hyperbole concave en dessous de laquelle elle se trouve.

Entre la droite du synchronisme et l'hyperbole du démarrage se trouve un point de couple maximum que l'on évalue en égalant

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 10 septembre, du 15 et du 29 octobre, t. XVI, p. 437, t. XVII, p. 89 et 186.

à zéro la dérivée par rapport à $(\omega_1 - \omega_2)$ de la relation (39).

On trouve :

$$(\omega_1 - \omega_2) = \frac{R_2}{L'_2} \qquad (43)$$

Le couple maximum est donc

$$C_{max.} = B \frac{1}{2 L'_2} = \frac{A L^2_2}{\mathcal{R}^2} \times \frac{1}{2 L'_2} \qquad (44)$$

On peut calculer la résistance R_2 qui donne le couple maximum pour un retard $(\omega_1 - \omega_2)$ imposé en dérivant la relation (39) par rapport à R_2.

C'est : $R_2 = (\omega_1 - \omega_2)\, L'_2$.

b). *Exemple.* — Soit un moteur bipolaire à induit en cage d'écureuil dans lequel :

$\frac{1}{T_1} = F_1 = 40$; $\omega_1 = 2\pi F_1 = 251{,}2$; I_1 max. $= 45$ amp. max. $= 4{,}5$ C. G. S. ; $m_1 = 2$; $N_1 = 144$; $N_2 = 32$; $m_2 = 16$ (32 barres en quantité) ; $K_2 = 0{,}29$; $k_1 = 0{,}9$; $k_2 = 1$; $\mathcal{R} = 6 \times 10^{-4}$; $R_1 = 0{,}130$ ohm $= 1{,}32 \times 10^8$ C. G. S. ; $R_2 = 6 \times 10^{-4}$ ohm ;

$$M_1 = \frac{K_1 k_2}{m_2} \frac{4\pi N_1 N_2}{R 4 p} = 4{,}37 \times 10^5 = 4{,}37 \times 10^{-4} \text{ Henry} ;$$

$$L'_2 = \frac{K_2 k_2}{m_2} \frac{4\pi N^2_2}{R 4 p} = 9{,}7 \times 10^4 = 0{,}97 \times 10^{-4} \text{ Henry} ;$$

$$A = \frac{m_2}{2} M^2_1 p \mathcal{R}^2 = \frac{16 \times \overline{4{,}37}^2 \times 10^{+10} \times 36 \times 10^{-8}}{2} = 5{,}5 \times 10^5 ;$$

$$B = \frac{A I_1^2}{\mathcal{R}^2} = \frac{5{,}5 \times 10^{+5} \times \overline{4{,}5}^2}{36 \times 10^{-8}} = 3{,}08 \times 10^{13}.$$

Les relations (40) à (44) deviennent :

$$Y_1 = B \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2} = \frac{3{,}08 \times 10^{13}}{6 \times 10^5} (\omega_1 - \omega_2) = 5{,}1 \times 10^7 (\omega_1 - \omega_2) \qquad (40\ bis)$$

$$Y_2 = B \frac{R_2}{L'^2_2} \times \frac{1}{(\omega_1 - \omega_2)} = \frac{3{,}08 \times 10^{13} \times 6 \times 10^5}{\overline{0{,}97}^2 \times 10^{10} \times (\omega_1 - \omega_2)} = \frac{1{,}93 \times 10^9}{(\omega_1 - \omega_2)} \qquad (41\ bis)$$

$$C_{dém.} = B \frac{R_2}{L'^2_2 \omega_1} = \frac{1{,}93 \times 10^9}{251} = 7{,}8 \times 10^6 \qquad (42\ bis)$$

$$(\omega_1 - \omega_2)\ C_{max.} = \frac{R_2}{L'_2} = \frac{6 \times 10^{-4}}{0{,}97 \times 10^{-4}} = 6{,}2 \qquad (43\ bis)$$

$$C_{max.} = \frac{B}{2 L'_2} = \frac{3{,}08 \times 10^{13}}{2 \times 0{,}97 \times 10^5} = 16 \times 10^7 \qquad (44\ bis)$$

La formule générale du couple

$$C = B \frac{(\omega_1 - \omega_2) \mathcal{R}^2}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} = \frac{1.848 \times 10^{+19} (\omega_1 - \omega_2)}{36 \times 10^{+10} + (\omega_1 - \omega_2)^2\, 0{,}94 \times 10^{+10}} \qquad (39\ bis)$$

donne :

$\omega_1 - \omega_2 =$	3,16	10	20
$\varphi =$	27°,20'	58°,30'	73°
$C =$	2,8	14,24	9×10^7

Les résultats qui précèdent sont traduits graphiquement sur les figures 26 et 27.

c). *Influence de la variation de la résistance des phases de l'induit.* — Les valeurs de A et B sont indépendantes de cette résistance R_2.

Admettons que R_2 soit triplé.

Les ordonnées de λ_1 seront trois fois moindres et celles de λ_2 seront triplées. Le couple de démarrage et le retard du point de couple maximum seront triplés; enfin, le couple maximum sera reculé mais ne changera pas de valeur.

Les courbes O A_1 G_1 des figures ci-dessus dont la dernière n'est tracée qu'en partie et à une échelle plus grande pour les abscisses, représentent les couples de la première hypothèse ; les courbes O A_2 G_2 ceux de la seconde, c'est-à-dire lorsqu'on augmente la résistance de l'induit, toutes autres conditions égales ; O $A_3 G_3$ et O $E_4 A_4$ figurent deux autres hypothèses avec des résistances d'induit encore plus fortes ; les points en deçà de A correspondent au fonctionnement normal, les points G au démarrage ; les droites O B et les courbes C G sont les lignes λ_1 et λ_2 qui encadrent la courbe des couples.

On voit que l'augmentation de la résistance de l'induit, toutes autres dimensions égales, ne change pas la valeur du couple maximum ; elle recule ce couple maximum vers le démarrage en augmentant le retard $\omega_1 - \omega_2$ *correspondant à ce couple, proportionnellement à la variation de résistance ; elle recule également le point de couple normal et augmente le couple de démarrage ainsi que la perte pro-*

portionnelle de puissance électrique $\frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1}$ *dans la même proportion.*

Pour augmenter le rendement électrique $\frac{\omega_2}{\omega_1}$ de l'induit, on fait R_2 faible en pratique. Il en résulte que le couple au démarrage est petit, et que, si l'on veut augmenter

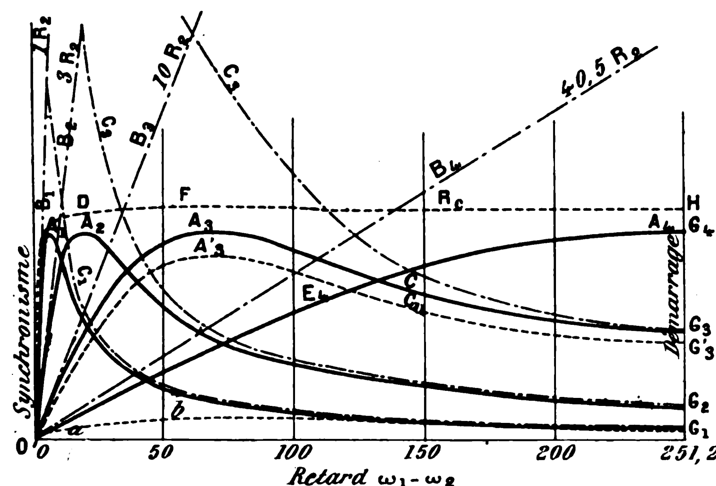


Fig. 26. — Courbes du fonctionnement des moteurs asynchrones polyphasés.

ce dernier couple, il faut majorer R_2 et se résigner à diminuer le rendement, ou bien introduire dans l'induit des résistances réglables qu'on supprime en marche normale.

La portion OA_1 des courbes correspond au *régime stable* parce que, si la charge augmente, l'induit retarde et il trouve un couple moteur supérieur capable de vaincre le couple

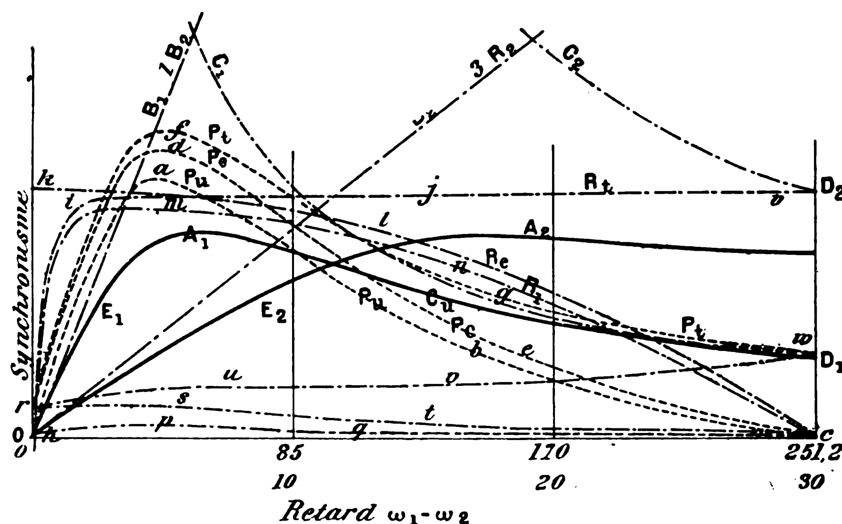


Fig. 27. — Courbes du onctionnement des moteurs asynchrones polyphasés.

résistant ce qui n'aurait pas lieu dans la portion A_1G_1 où le moteur s'arrêterait instantanément à la moindre variation de charge.

Remarquons que la variation de la résistance de l'induit ne produit pas de modification de la valeur absolue des couples dans la région du fonctionnement stable ; elle change seulement la valeur de la vitesse de l'induit relative à ces couples.

d). *Moyens de faire varier le couple maxi-*

mum et le couple de démarrage, la résistance de l'induit étant invariable.

1° Le *couple maximum* est représenté par la relation

$$C_{max.} = \frac{A I^2_1}{R_2} \frac{1}{2 L'_2} = \frac{m_2}{2} M^2_1 p I^2_1 \frac{1}{2 L'_2}$$

ou, après transformation, par

$$C_{max.} = \frac{K^2_1 k_2}{K_2} \frac{4\pi N^2_1}{16 \mathcal{R}} I^2_1 = D \frac{N^2_1}{\mathcal{R}} I^2_1. \qquad (45)$$

On voit que, *sans modifier la machine*, on ne peut faire varier que le courant inducteur. Si la réluctance R était invariable, le couple maximum croîtrait avec le carré du courant. En réalité, comme les moteurs travaillent aux inductions basses correspondant à une perméabilité maximum, la réluctance augmente quand le courant augmente.

On peut donc dire que le *couple maximum augmente comme une puissance des courants inducteurs comprise entre 1 et 2, si le moteur est construit.*

Si on peut modifier la machine et *si on conserve des inductions normales, le couple maximum augmente proportionnellement aux carrés du nombre de fils et des courants inducteurs.*

Quand le couple est maximum $(\omega_1 - \omega_2) L'_2 = R_2$,

$$\text{tg}\, \varphi = \frac{(\omega_1 - \omega_2) L'_2}{R_2} = 1, \; \varphi = 45°,$$

et, s'appuyant sur les propriétés des côtés du triangle OPQ de la figure, on peut déterminer le flux résultant Φ très facilement.

$$\Phi = K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{\mathcal{R}\, 2p} \frac{1}{\sqrt{2}}$$

La réluctance sera minimum et le couple maximum pour des inductions de 5 000 à 7 000 unités.

2° Le *couple de démarrage* est donné par

$$C_{dém.} = \frac{A I^2_1}{\mathcal{R}^2} \frac{R_2}{\omega_1 L'^2_2} = \frac{m_2}{2} M^2_1 p I^2_1 \frac{R_2}{\omega_1 L'^2_2}$$
$$= \frac{m_2}{2} p \frac{R_2}{\omega_1} \frac{K^2_1 N^2_1}{K^2_2 N^2_2} I^2_1 \qquad (46)$$

Cette dernière forme provient du remplacement de M^2_1 et L'^2_2 par leurs valeurs. C'est en somme une formule connue $\frac{m_2}{2} p \frac{R_2 I^2_2}{\omega_1 - \omega_2}$ dans laquelle $\omega_1 - \omega_2 = \omega_1$ et $I_2 = \frac{K_1 N_1}{K_2 N_2} I_1 \sin \varphi$ (relation connue) pour $\varphi = 90°$ (au démarrage).

On voit que *si le moteur est construit, on peut augmenter le couple de démarrage seulement par l'augmentation des courants d'alimentation, de la résistance du secondaire, et la diminution de la fréquence.*

Si le moteur est à construire, on retiendra que *le même couple croît comme le nombre de phases secondaires, le nombre de champs doubles et le carré du rapport des nombres de fils inducteurs et induits.*

Ce dernier rapport $\frac{N_1}{N_2}$ et les courants inducteurs I_1 figurent au carré dans la formule.

La réluctance des circuits magnétiques n'intervient pas au démarrage parce que le moteur fonctionne comme un véritable transformateur alimenté sous courant constant.

e). *Influence de la variation de la valeur de la réluctance des circuits magnétiques.* — La figure 28 représente la courbe de la réluctance

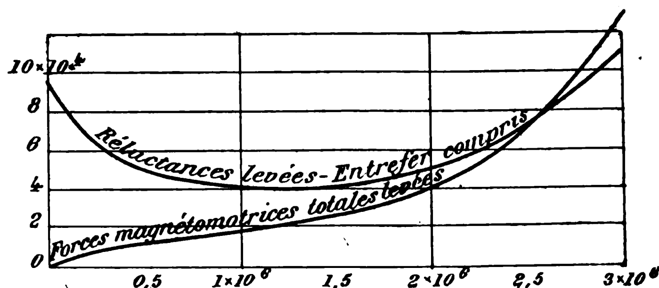


Fig. 28. — Courbes des réluctances et des forces magnétomotrices d'un moteur asynchrone à courants polyphasés.

du circuit magnétique d'un moteur à champs tournants en fonction des flux, ainsi que la courbe de la force magnétomotrice totale nécessaire pour produire ces flux.

On voit que la réluctance est minimum vers les inductions moyennes (de 5 000 à 7 500 unités environ) qu'elle est relativement forte pour les inductions très basses et très élevée pour les inductions supérieures, de 10 à 15 000 unités.

Vers le synchronisme, le flux est le plus élevé; au démarrage, il est plus faible; il varie entre ces deux limites en diminuant continument du premier au second. Il s'ensuit que la réluctance est relativement forte vers le synchronisme, qu'elle diminue ensuite et passe par un minimum, et qu'enfin elle augmente de nouveau vers le démarrage.

En supposant que la réluctance était constante pour la discussion du fonctionnement sous courant constant, nous avons donc commis une erreur qui pourrait être plus ou moins importante. En fait, pour des calculs exacts, l'erreur ne serait pas possible parce que l'emploi de la courbe d'Hopkinson et la détermination rigoureuse par points de la courbe des flux résultants permettraient de tenir compte des différences. Il nous suffit de constater que l'allure de la courbe des couples est bien celle que nous avons déterminée. Au surplus, si nous avions employé pour réluctance constante, la valeur minimum, elle nous aurait donné assez exactement le couple maximum. Le couple est nul au synchronisme et au démarrage il est indépendant de cette réluctance : d'où trois points de la courbe qui sont bons. La région d'avant le couple maximum eût été un peu trop élevée et celle d'après sensiblement exacte.

II. — *Forces électromotrices, courants, décalages, etc. — Conclusions.*

Etudions d'abord trois régimes principaux du moteur, ceux du synchronisme, du démarrage, et du point de couple maximum.

1° Au synchronisme. — Nous supposons ici que les résistances à vide sont nulles pour en tenir compte plus tard, lorsque nous parlerons des dispersions magnétiques et des pertes de puissance dans le moteur même.

Le retard $\omega_1 - \omega_2$ est nul;

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{(\omega_1 - \omega_2)\,L'_2}{R_2} = 0 \quad \text{et} \quad \varphi = 0;$$

la f. é. m. d'induction mutuelle FG de la figure 25 est aussi nulle et le polygone des f. é. m. des inducteurs se réduit au triangle OFD, OF devenant E_1, le décalage θ étant maximum et FD restant invariable puisque I_1 ne change pas;

$$\text{tg}\,\theta = \frac{\omega_1 L'_1}{R_1};$$

à courants constants, $R_1\,I_1 = OD$, $\omega_1\,L'_1 I_1 = FD$, $F_1 = OQ$ sont invariables comme direction et comme grandeur $(\omega_1 - \omega_2)\,M_1\,I_1 = OC$ est invariable en direction seulement;

φ étant nul, $\Phi\mathcal{R} = F_1$, Φ est maximum et égal à

$$\Phi = \frac{F_1}{\mathcal{R}} = \frac{K_1 4\pi N_1 I_1}{R\,2p}; \qquad (47)$$

$(\omega_1 - \omega_2)\,M_1\,I_1 = OC$ est nulle.

Pour l'exemple cité :

$R_1 I_1 = 0{,}585$ C. G. S. $= 5{,}85$ volts; $L'_1 = 1{,}42 \times 10^{-2}$;
$\omega_1\,L'_1 I_1 = 160$ volts; $\theta = 88°$; $F_1 = 1180$;
$\Phi = 1{,}97 \times 10^6$; $\varphi = 0$.

2° Au démarrage. — Le retard $\omega_1 - \omega_2 = \omega_1$ est considérable;

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{\omega_1 L'_2}{R_2}$$

est grand et φ voisin de 90°;

$$I_2 = \frac{K_1}{K_2}\,\frac{N_1}{N_2}\,I_1 \sin\varphi$$

devient sensiblement

$$I_2 = \frac{K_1}{K_2}\,\frac{N_1}{N_2} \qquad (48)$$

$$C = \frac{m_2}{2}\,p\,\frac{R_2}{\omega_2}\,\frac{K_1^2 N_1^2}{K_2^2 N_2^2}\,I_1^2;$$

Φ se tire de la relation

$$R_2 I_2 = E_2 = k_2 \omega_1 \Phi \frac{N_2}{2m_2} \quad \text{où} \quad I_2 = \frac{K_1 N_1}{K_2 N_2}\,I_1$$

$$\Phi = R_2\,\frac{K_1 N_1}{K_2 N_2}\,\frac{2m_2}{k_2 \omega_1 N_2}\,I_1 = \frac{2K_1}{K_2 k_2}\,R_2\,\frac{m_2 N_1}{N_2^2}\,\frac{1}{\omega_1}\,I_1 \qquad (49)$$

$$\text{tg}\,(\theta + \varphi) = \frac{\omega_1 L'_1}{R_1} + \frac{\omega_1 L'_2}{R_2}.$$

Dans l'exemple cité :

$R_1 I_1 = 5{,}85$ v.; $\varphi = 88°{,}40'$; $\frac{K_1}{K_2} = \frac{0{,}29}{0{,}318} = 0{,}91$; $I_2 = 18{,}5$ C. G. S. ou 185 ampères; $R_2 I_2 = 0{,}111$ volts; $\omega_1 M_1 I_1 = 4{,}92$ v.; $\Phi = 44200$; $\Phi\mathfrak{R} = 26{,}5$; $F_1 = 1180$; $\omega_1 M_2 I_2 = \omega_1 L'_1 I_1$ (avec la condition $I_2 = \frac{K_1}{K_2} \frac{N_1}{N_2} I_1$) $= 160$ V. environ, parce que φ est supposé égal à 90°; $\theta + \varphi = 89°{,}10'$; $\theta = 30'$ environ;

$$DG = k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1} = 3{,}4 \text{ volts.}$$

3° Au point de couple maximum. On a :

$$\varphi = 45°; \; R_1 I_1 = 5{,}85 \text{ V.};$$

$$\Phi = \Phi_1 \frac{1}{\sqrt{2}} = 1{,}4 \times 10^6; \; \Phi\mathfrak{R} = 1180 \times 0{,}707 = 832;$$

$$(\omega_1 - \omega_2) L'_2 = R_2 \text{ et } \omega_1 - \omega_2 = \frac{R_2}{L'_2} = 6{,}2;$$

$$(\omega_1 - \omega_2) M_1 I_1 = 0{,}121 \text{ volt};$$

$$I_2 = \frac{K_1}{K_1} \frac{N_1}{N_2} I_1 \sin 45° = 130 \text{ A};$$

$$\omega_1 M_2 I_2 = 113 \text{ volts}; \; k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1} = 114 \text{ volts.}$$

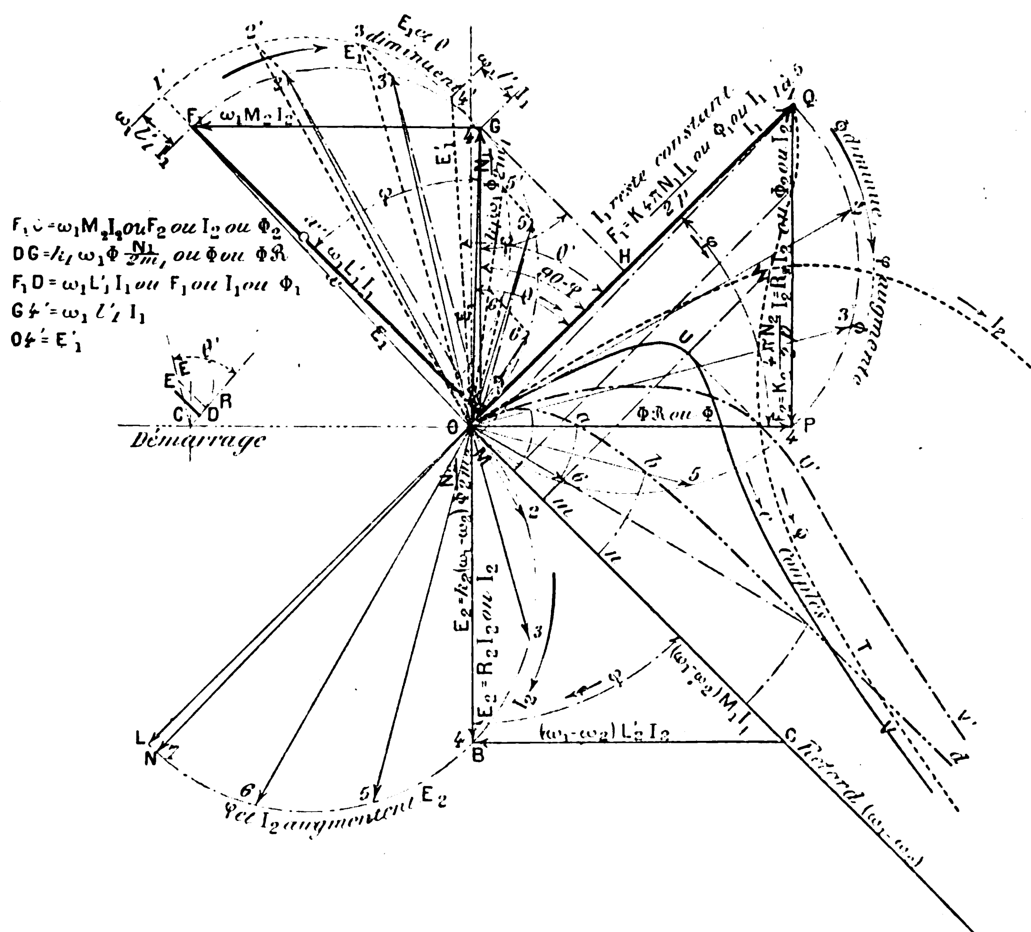


Fig. 29. — Epure du fonctionnement sous courants constants.

N. B. — Les calculs d'application qui précèdent sont exécutés à la règle. Ils sont donc d'une exactitude suffisante, mais pas rigoureuse.

La figure 29 représente les trois régimes ci-dessus. Les tracés ODGFOQPOBC, ODFOQO et ODROQMONO sont relatifs aux régimes de couple maximum, de synchronisme et de démarrage.

On peut compléter très facilement l'épure 29 pour montrer la variation de valeur des différents éléments du fonctionnement. On trace les valeurs ΦR (ou Φ à une autre échelle) pour des angles φ différents l'un de l'autre de

****

15°, suivant o1, o2, o3, o4 ou OP, etc.... Les cordes analogues à QP, c'est-à-dire Q2, Q3, etc., ou les égales o1, o2, etc., de la circonférence OL figurent les forces magnétomotrices F_2 ou encore I_2 ou E_2 à d'autres échelles. Les f. é. m. FG et DG sont normales et par conséquent, puisque OD ou $R_1 I_1$ est constante, les perpendiculaires D1, D2, etc., se terminant à la circonférence DF, donnent les f. é. m. d'induction GD dans les inducteurs et OF_1, o2, o3, OG, etc., de la même circonférence, les f. é. m. E_1 appliquées. Les angles FOQ, 2OQ ... GOQ, etc., sont les angles θ de E_1 et de I_1.

Il suit de ce qui précède et de l'examen de la figure 29 que, sous courants inducteurs *constants* :

1° La *f. é. m. appliquée* est maximum au synchronisme et elle diminue régulièrement jusqu'à l'arrêt — ou démarrage —. Quand le couple est maximum, elle vaut approximativement $\frac{1}{\sqrt{2}}$ de la valeur du synchronisme ;

2° L'*angle de décalage* θ de E_1 et de I_1 est presque de 90° au synchronisme et à peu près nul au démarrage ; il est de près de 45° quand le couple est maximum ; il est à peu près complémentaire de l'angle φ lorsque la perte ohmique OD des inducteurs est faible ;

3° Le *flux résultant* est maximum au synchronisme et il est alors ordonné approximativement par la f. m. m. des courants inducteurs seuls, la réaction d'induit étant à peu près nulle. Il diminue alors jusqu'à l'arrêt où il est minimum ;

4° Le *décalage* φ du flux résultant sur la f. m. m. inductrice ou le flux inducteur fictif, ou encore des courants induits sur la f. é. m. d'induction mutuelle, est sensiblement nul au synchronisme et maximum, de près de 90°, à l'arrêt ;

5° Enfin les *courants induits* sont à peu de chose près nuls au synchronisme et maxima à l'arrêt ; quand le couple est maximum, le décalage φ est de 45°, la f. m. m. effective ΦR vaut $\frac{1}{\sqrt{2}}$ de la f. m. m. inductrice F_1 et les courants induits valent la fraction $\frac{1}{\sqrt{2}}$ de leur valeur maximum ;

6° *Couple brut. — Détermination graphique des courbes des flux, des courants induits et des couples.* — Le couple étant donné par la formule (18)

$$C = k_2 p \frac{N_2}{4} \Phi I_2 = H \times \Phi I_2 \qquad (18)$$

est proportionnel au produit ΦI_2, donc, à une certaine échelle, au produit des côtés OP et QP du triangle OPQ dans lequel OQ est constant. Le couple est donc fonction de $OP \times PQ = OQ^2 \sin\varphi \cos\varphi = \frac{OQ^2}{2} \sin 2\varphi$, il est nul pour $\varphi = O$ et φ 90°, et maximum $\varphi = 45°$, ce que nous savons déjà. La courbe des couples passe par l'abscisse O au synchronisme, s'élève ensuite jusqu'à un maximum, puis retombe régulièrement jusqu'à un minimum correspondant à l'arrêt.

Voyons la forme exacte de cette courbe en fonction des retards $(\omega_1 - \omega_2)$.

Les angles φ sont connus pour l'épure 29.

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{(\omega_1 - \omega_2) L'_2}{R_2}.$$

D'où

$$(\omega_1 - \omega_2) = \frac{R_2}{L'_2} \text{tg}\,\varphi = S. \times \text{tg}\,\varphi.$$

Les retards étant proportionnels à tg φ, portons en *oa*, *ob*... les tangentes des angles QOP, QO*b*5..., et joignons les points obtenus par une courbe *oabd* qui sera la courbe des tangentes ; puis, rabattons les longueurs *oa*, *ob*,... en *om*, *on*... sur l'axe *oc* qui deviendra l'axe des retards de l'induit ; enfin, portons en *m*, *n*..., comme ordonnées, les valeurs de I_2 et de Φ obtenues suivant les cordes analogues à OP et OB des circonférences OQ et OL. La courbe OWI_2 des courants I_2 ainsi obtenue part de l'origine et tend bientôt vers un maximum qui est OL, tandis que la courbe QWT des flux Φ part de son maximum OQ pour tendre vers l'ordonnée zéro à l'infini — $(\omega_1 - \omega_2)$ = tg 90° = infini —.

On voit que la courbe des couples, dont les ordonnées sont fonctions des produits ΦI_2, est encadrée par les courbes OWI_2 et QWT et qu'ainsi elle possède un maximum en U, pour l'abscisse *o m*, qui correspond à $\varphi = 45^\circ$. Elle tend vers zéro à l'infini et possède son minimum à l'arrêt.

Le retard $(\omega_1 - \omega_2)$ étant ainsi proportionnel à R_2, toutes autres conditions égales, on peut augmenter les abscisses en augmentant la résistance de l'induit. Toutes les coordonnées de la courbe OUV reculent alors sans changer de valeur. OUV devient O'U'V' en doublant R_2.

En résumé, lorsqu'un moteur à courants polyphasés sans résistances spéciales réglables à la suite des circuits de l'induit est alimenté sous courants constants :

1° Le couple, nul au synchronisme, croît très vite jusqu'à un maximum, puis décroît encore très vite pour devenir faible sur une très grande partie du diagramme (construit en fonction du retard $(\omega_1 - \omega_2)$ jusqu'au démarrage. En augmentant la résistance des circuits d'induit par des bobines extérieures additionnelles, on fait croître et décroître le couple plus lentement, on augmente les retards $(\omega_1 - \omega_2)$ pour un couple donné et aussi le couple de démarrage, mais la valeur du couple maximum ne varie pas. A la limite, le couple croît régulièrement jusqu'au démarrage où il est alors maximum ;

2° Le rendement électrique de l'induit diminuant avec le retard, on l'augmente en diminuant la résistance de l'induit. Quand donc on augmente cette dernière pour avoir un couple de démarrage plus grand, on diminue le rendement électrique de tous les régimes des moteurs. Aussi, construit-on ces moteurs avec résistances réglables qu'on introduit au démarrage et qu'on supprime en marche normale ;

3° Les courants inducteurs sont constants et par conséquent aussi les portes ohmiques et par effet joule qui leur sont dues ;

4° Les courants induits augmentent très vite jusqu'au couple maximum, puis plus lentement jusqu'au démarrage, où ils sont maxima. Les courants induits seraient ici d'environ 85 A maxima pour le couple normal $(12{,}8 \times 10^7)$, 130 A pour le couple maximum et 185 A au démarrage, soit 2,17 fois les courants normaux. Cependant, le couple de démarrage ne vaut ainsi que la portion $\frac{1}{16{,}4}$ du couple normal. Si on introduit des résistances dans l'induit au démarrage, pour y atteindre le couple normal, le courant y est encore de 130 A, et, comme la résistance R_2 est alors 42 fois plus grande, la dépense d'énergie $\frac{1}{2} R_2 I^2_2$ y est aussi 42 fois aussi importante ;

5° Le flux résultant est maximum au synchronisme. Il diminue alors très vite et tend asymptotiquement vers zéro où il atteindrait pour un glissement infini ;

6° Le couple maximum étant très près du couple normal, une surcharge expose à un arrêt instantané, ce qui rendrait désagréable le *fonctionnement normal sous courants constants*.

L'étude de la marche des moteurs dans cette hypothèse a cependant son importance, car elle détermine les conditions limites du démarrages : on peut, en effet, y considérer les courants maxima que l'induit et l'inducteur peuvent supporter, et, dès lors, l'étude du démarrage devient presque l'étude de la marche sous courants maxima constants.

B). Fonctionnement sous tensions d'alimentation constantes

I. *Couples, vitesses, rendements électriques.*

a. Courbes des couples bruts en fonction des retards ou glissements $(\omega_1 - \omega_2)$. — Reprenons la formule (24).

$$C = A \frac{E^2_1}{\mathfrak{R}^2} \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + \{ R_2 \omega_1 L'_1 + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \}^2} \quad (24)$$

$$A = \frac{m_2}{2} M^2_1 p \mathfrak{R}^2$$

Supposons d'abord que la réluctance $\mathfrak{R}$

des circuits magnétiques est constante ; L'_2 est aussi constante et l'on peut poser :

$$\frac{A E^2_1}{\mathfrak{R}^2} = B'$$

$$C = B' \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + \{ R_2 \omega_1 L'_1 + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \}^2} \quad (50)$$

Soit aussi R_1 invariable.

Au *synchronisme*, $(\omega_1 - \omega_2) = O$ et le couple est nul.

A *vide* $(\omega_1 - \omega_2)$ est faible, $R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2$ et $R^2_1 R^2_2$ sont faibles vis-à-vis de $R_2 \omega_1 L'_1$ et l'on peut écrire :

$$C = B' \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2 \omega^2_1 L'^2_1}.$$

Au *synchronisme*, la courbe du couple est donc tangente à une droite dont l'équation est

$$Y_1 = B' \frac{\omega_1 - \omega_2}{R_2} \times \frac{1}{\omega^2_1 L'^2_1} \quad (51)$$

et dont le coefficient angulaire est inversement proportionnel à la résistance R_2 de l'induit. Le retard et la perte de puissance dans l'induit sont donc encore à peu près proportionnels à cette résistance, toutes autres conditions égales.

Au *démarrage*, $\omega_2 = O, \omega_1 - \omega_2 = \omega_1$ et $R^2_1 R^2_2$ est petit relativement au terme suivant :

$$C_{\text{dém.}} = B' \frac{R_2}{\omega_1 (R_2 L'_1 + R_1 L'_2)^2}$$
$$= \frac{A E^2_1}{\mathfrak{R}^2} \times \frac{R_2}{\omega_1} \times \frac{1}{(R_2 L'_1 + R_1 L'_2)^2} \quad (52)$$

Vers le démarrage, on a donc sensiblement

$$C = B' \frac{R_2}{(\omega_1 - \omega_2)(R_2 L'_1 + R_1 L'_2)^2}$$

et l'on voit que la courbe exacte du couple est tangente à une hyperbole dont l'équation est

$$Y_2 = B' \frac{R_2}{(R_2 L'_1 + R_1 L'_2)^2} \times \frac{1}{\omega_1 - \omega_2} \quad (53)$$

La courbe est donc intérieure à une droite et à une hyperbole comme dans le cas précédent de l'alimentation sous courants constants. Le couple passe donc par un maximum et il est minimum au démarrage.

La résistance d'induit qui correspond au *couple maximum*, pour un retard $(\omega_1 - \omega_2)$ donné, se trouve en dérivant la relation (50) par rapport à R_2 et en égalant la dérivée à zéro. On trouve :

$$R_2 = (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{\omega_1 L'_1}{R_1}\right)^2}}$$

ou, très approximativement,

$$R_2 = (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \times \frac{R_1}{\omega_1 L'_1}$$

Le retard correspondant au couple maximum, pour une résistance R_2 d'induit donnée, se trouve en dérivant par rapport à $\omega_1 - \omega_2$. C'est

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{R_2}{L'_2} \sqrt{1 + \left(\frac{\omega_1 L'_1}{R_1}\right)^2}$$

ou sensiblement

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{R_2}{L'_2} \times \frac{\omega_1 L'_1}{R_1} \quad (54)$$

Toutes autres conditions égales, on voit que le couple maximum correspond à un retard $\frac{\omega_1 L_1}{R_1}$ *fois plus grand à potentiels constants qu'à courants constants. Dans l'exemple traité plus haut, c'est 27,6 fois plus. Il est évident que le couple maximum est aussi beaucoup plus grand et qu'il n'y a pas à craindre que les résistances mécaniques dépassent à un moment donné le couple moteur et que la machine s'arrête instantanément comme dans la marche à courants constants.*

Le couple maximum se trouve en remplaçant $\omega_1 - \omega_2$ par sa valeur dans la formule générale. On trouve approximativement :

$$C_{\text{max.}} = B' \frac{\omega_1}{L'_2 (R^2_1 + 4 R_1 \omega^2_1 L'_1}$$
$$= \frac{A E^2_1}{\mathfrak{R}^2} \frac{\omega_1}{L'_2 (R^2_1 + 4 R_1 \omega^2_1 L'_1)} \quad (55)$$

b). *Exemple.* — Considérons le moteur employé ci-dessus (§ A), et alimentons-le sous

150 volts maxima constants.

$$B' = \frac{AE^2_1}{\mathfrak{R}^2} = \frac{5{,}5 \times 10^5 \times \overline{150}^2 \times 10^{16}}{36 \times 10^{-8}} = 3{,}42 \times 10^{32};$$

$$L'_1 = \frac{K_1 k_1}{m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathfrak{R}\, 4p} = 1{,}41 \times 10^7 \text{ C. G. S.}$$

$$= 1{,}42 \times 10^{-2} \text{ Henry};$$

$$Y_1 = B' \frac{\omega_1 - \omega_2}{R_2} \times \frac{1}{\omega^2_1 L'^2_1} = 4{,}43 \times 10^7;$$

$$Y_2 = B' \frac{R_2}{(R_2 L'_1 + R_1 L'_2)^2} \frac{1}{\omega_1 - \omega_2} = 4{,}48 \times 10^{11};$$

$$C_{\text{dém.}} = B' \frac{R_2}{(R_2 L'_1 + R_1 L'_2)^2} \frac{1}{\omega_1} = 1{,}79 \times 10^9$$

$$= 179 \times 10^7;$$

$$(\omega_1 - \omega_2)\, C_{\text{dém.}} = \frac{R_2}{L'_2} \times \frac{\omega_1 L'_1}{R_1} = 170, \text{ pour } \omega_1 = 251;$$

$$C_{\text{max.}} = B' \frac{\omega_1}{L'_2 (R^2_1 + 4 L_1 \omega^2_1 L'_1} = 1{,}87 \times 10^9$$

$$= 187 \times 10^7.$$

La formule (22 *bis*) du courant inducteur devient approximativement, *au démarrage*, (R_2^2 et R_1^2 R_2^2 étant petits peuvent y être supprimés).

$$I_1 = E_1 \frac{L'_2}{R_2 L'_1 + R_1 L'_2} = E_1 \times 4{,}6 = 690 \text{ ampères}.$$

La même formule devient, pour le *couple maximum :*

$$I^2_1 = E^2_1 \times \frac{1 + \frac{\omega^2_1 L'^2_1}{R^2_1}}{R^2_1 + 4\omega^2_1 L'^2_1)}$$

Dans l'exemple choisi, et en général dans les moteurs, R_1^2 et 1 sont relativement petits et négligeables, ce qui donne :

$$I_{1\,\text{max.}} = E_1 \frac{1}{2 R_1} = E_1 \times 3{,}88 = 570 \text{ ampères}.$$

Il résulte des formules et applications qui précèdent que la forme générale des courbes est la même sous tensions constantes que sous courants constants. Il existe encore ici un couple maximum et la courbe est toujours comprise entre une droite et une hyperbole, mais le retard correspondant au couple maximum est beaucoup augmenté. Le couple maximum et le couple de démarrage sont très grands relativement aux couples pratiques, mais on ne peut les atteindre parce que les courants inducteurs et induits seraient considérables et brûleraient inévitablement la machine. La seule région de la courbe des couples qui soit accessible est donc dans celle qui part du synchronisme et qui s'étend en s'élevant jusqu'à un certain retard ($\omega_1 - \omega_2$) pour lequel les courants ne sont plus tolérables. Pour le démarrage, il faut avoir recours à des rhéostats ou à des transformateurs pour réduire le voltage jusqu'à une limite où les circuits puissent supporter les courants qui y existent en ce moment. Comme le montrent les relations (52-54-55), à potentiels constants, le couple de démarrage n'est plus simplement proportionnel à R_2, mais le retard du couple maximum est toujours proportionnel à cette résistance et le couple lui-même en est indépendant.

On voit que l'étude complète d'un moteur alimenté sous tensions constantes comprend en réalité la détermination des courbes du fonctionnement à potentiels invariables dans la portion relative au fonctionnement normal et de celles de la marche à courants constants maxima tolérables dans le voisinage du démarrage.

II. — *Solution graphique. — Courbes des éléments du fonctionnement sous tensions constantes d'alimentation.*

Le tracé graphique analogue à celui de la figure 29 est facile à exécuter.

Soit ON, figure 30, la tension appliquée à l'une des phases du moteur. Au synchronisme, l'angle de ON avec le flux et le courant inducteur I_1 est sensiblement droit et le courant I_2 de la phase correspondante de l'induit nul. La self-induction DN du circuit inducteur seule agit comme f. c. é. m. et elle forme le triangle rectangle ODN avec la f. é. m. effective $R_1\ I_1 = OD$ et la f. é. m. appliquée, constante, ON. Le polygone des f. é. m. du circuit induit se réduit à la droite OI qui représente la f. m. m. F_1 et la f. m. m. effective Φ R. Le courant inducteur se détermine par la condition :

$$F_1 = K_1 \frac{4\pi N_1}{2p} I_1 = \Phi \mathfrak{R}.$$

Fig. 30. — Épure de la marche sous tensions d'alimentation constantes.

Pour plus de facilité, admettons que la f. é. m. de self-induction ON du primaire et la f. m. m. OI sont représentées par une même longueur : c'est une question d'échelle à régler en commençant l'épure.

Prenons maintenant un régime quelconque pour lequel la f. m. m. de I est OQ. OD et DN augmentent dans la même proportion que OQ et DN devient DF. Sur DF décrivons une demi-circonférence qui coupe la circonférence de f. é. m. E_1 en G. OG $= E_1$ et GD (OD est supposé majoré dans le rapport $\frac{OQ}{OI}$) est la f. é. m. d'induction due au nouveau flux, c'est

$$k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2 m_1}$$

Le flux est normal à DG et il aboutit à la circonférence OQ : c'est OP, PQ étant la f. m. m. du courant induit ou F_2 : OB_1 égal et parallèle à QP, peut représenter le courant I_2 à une échelle donnée. En somme le flux et le courant induit, pour le régime considéré, sont représentés par OP et PQ ou par DG et FG. *L'épure pourrait donc se limiter au tracé de la figure OFGODG.*

GOD donne l'angle θ de décalage du courant inducteur par rapport à la f. é. m. appliquée, GDF le décalage φ du courant induit sur la f. é. m. d'induction mutuelle ou du flux résultant sur le courant inducteur. QOP et COB donnent les angles φ dans leur position ordinaire.

On voit, d'après l'épure, qu'en augmentant le courant inducteur, le flux résultant OP ou DG diminue lentement et le courant induit PQ ou FG croît très vite.

Le courant inducteur allant de OQ à OJ (majoration de 58 p. 100), la f. é. m. appliquée se déplaçant de OG à OL (03 à 05 = 30°), le flux résultant diminue peu (OP — OK), mais le courant induit devient plus de trois fois plus grand (OB ou QP à OY ou KJ ou LH).

o a b 6 étant encore la courbe des tangentes,

$$\left[(\omega_1 - \omega_2) = \operatorname{tg} \varphi \frac{R_2}{L'_2}\right], \; oa = om, \; ob = on, \text{ etc.}$$

En portant le flux et le courant I_2 en ordonnées à partir de l'axe *omn*, on obtient les courbes NR et OM dont les produits donnent l'allure de la courbe des couples. Comme les calculs l'ont fait prévoir, dans la partie utilisable, cette courbe s'élève régulièrement presque en ligne droite. Elle est OC alors qu'elle était OUV et que les lignes de flux et des courants induits étaient FWT et OWS pour le cas d'alimentation sous courants constants.

(*A suivre.*)

S. Hanappe.

GAZOGÈNE RICHÉ

Dans une chronique récemment publiée dans ce journal [1] étaient données une description sommaire de ce nouveau gazogène, ainsi que quelques indications sur le prix de revient de l'énergie obtenue par l'accouplement de cet appareil et d'un moteur à gaz. Une brochure que vient de faire paraître la librairie Masson [1] nous fournit sur ce gazogène de nombreux renseignements qui nous serviront à compléter ceux qui ont été donnés dans cette chronique.

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 8 octobre, t. XVII, p. 86.

[1] Le gaz Riché, ses applications industrielles, par Ch. Vigreux, ingénieur des Arts et manufactures, répétiteur à l'École centrale, et Eug. Bardolle, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil. Un vol. petit in-8°, 178 pages et 20 figures. *Masson et Cie*, éditeurs. Prix : 2 fr.

Rappelons que le but du gazogène est l'utilisation des déchets de bois et autres matières combustibles à la production d'un gaz pouvant être utilisé, sans autre purification que son passage sur une couche de charbon incandescent contenu dans l'appareil lui-même, à l'alimentation des moteurs à gaz, des appareils de chauffage, et même des appareils d'éclairage par incandescence; en un mot, à produire un gaz pouvant remplacer les gaz pauvres dans tous leurs usages et le gaz d'éclairage dans la plupart de ceux où il est employé.

Arriver à ce résultat n'était pas chose commode. On sait en effet que le gaz de bois fut le premier gaz d'éclairage, mais que Philippe Lebon, qui en proposa l'emploi dès 1798, n'en put tirer qu'une flamme fuligineuse, faute de pouvoir l'épurer. Depuis, on est parvenu à l'utiliser pour l'éclairage, en le produisant à plus haute température, le débarrassant de ses matières goudronneuses par une condensation énergique, de la grande quantité de gaz carbonique qu'il contient, par son passage sur de la chaux; toutefois, comme les sous-produits de la distillation du bois sont beaucoup plus difficiles à utiliser que ceux de la houille, et que l'épuration du gaz demande une énorme quantité de chaux (au minimum 1 kg par m³ de gaz), l'éclairage par le gaz de bois n'a pu être employé que dans quelques rares localités où le bois est abondant et la chaux à bon marché. Dans ces conditions, il était impossible de songer à l'employer à la production de la force motrice. En rendant le gaz de bois apte à ces divers usages sans avoir besoin d'être épuré après sa sortie de l'appareil générateur, M. Riché a donc fait faire un pas considérable dans l'utilisation des déchets de bois auxquels donnent lieu de nombreuses industries et, en général, des déchets de toute sorte susceptibles d'être gazéifiés par la chaleur.

Nous ne suivrons pas par le détail les étapes successives qu'a parcourues l'inventeur avant d'arriver aux appareils industriels actuels. Disons-en seulement quelques mots.

Dès le début, M. Riché eut l'idée des appareils à distillation renversée, dans lesquels les gaz, produits à la partie supérieure d'une cornue, s'épurent par leur passage à travers le charbon incandescent remplissant le fond de la cornue et constituant le résidu de la calcination. Ces appareils étaient chauffés par une partie des gaz mêmes résultant de la distillation. La difficulté de régler les brûleurs lui fit abandonner ce chauffage au gaz. La préoccupation d'obtenir comme résidu un charbon dont la vente puisse diminuer les frais d'exploitation le conduisit en même temps à effectuer la distillation du bois dans une cornue et la purification du gaz dans une seconde cornue. Ces appareils dits à cornues jumelles ont reçu plusieurs applications.

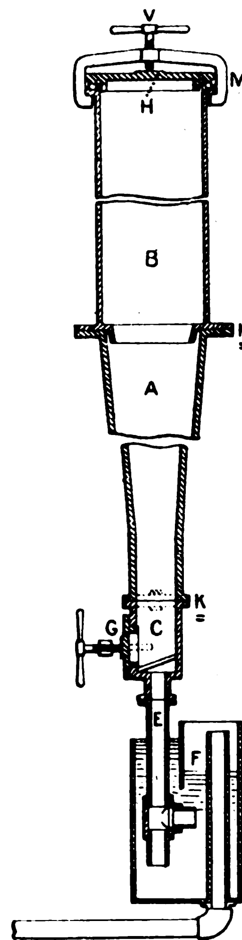


Fig. 1. — Élément de gazogène Riché à cornue unique.

Mais plusieurs inconvénients de cette disposition ont fait revenir M. Riché à la conception primitive d'une cornue unique où s'opèrent à la fois la distillation et l'épuration, avec toutefois abandon du chauffage par le gaz.

La figure 1 représente un élément de gazogène à cornue unique, décrit dans la chronique rappelée ci-dessus. La partie tronco-

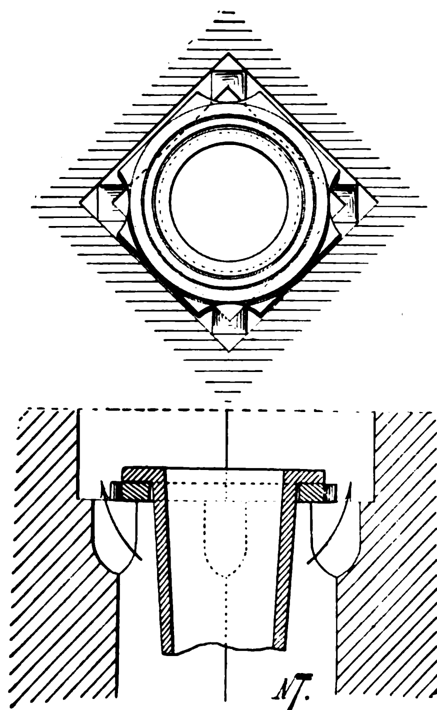


Fig. 2 et 3. — Disposition destinée à permettre le passage des gaz des foyers autour des cornues.

nique A contient la colonne de charbon réducteur, tandis que la partie cylindrique B, fermée par un tampon H serré par une vis V et un étrier M contre un joint d'amiante *a*, reçoit la matière à distiller. En C est le *pied de cornue* muni d'une grille D et d'une porte G. Ces trois parties de la cornue sont réunies par des joints à brides K. Les gaz s'échappent par le tuyau E et se rendent dans le baril-let F. Tout l'appareil est en fonte.

Chaque cornue est placée dans une gaine en maçonnerie. Elle repose sur cette gaine à l'aide d'une bride assez large que supporte une plaque de fonte reposant elle-même sur un rebord de la maçonnerie. Les figures 2 et 3 indiquent cette disposition. La gaine ayant une section rectangulaire et la cornue

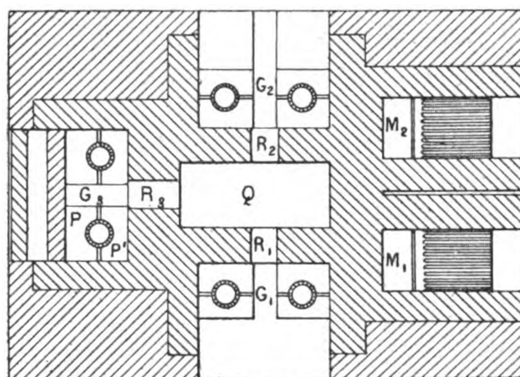


Fig. 4. — Plan du gazogène d'Ivry-la-Bataille.

une section cylindrique, il reste dans les angles un passage plus que suffisant pour les gaz du foyer.

Un gazogène comprenant six de ces cornues et capable de donner 40 m³ de gaz à l'heure a été installé à la station génératrice

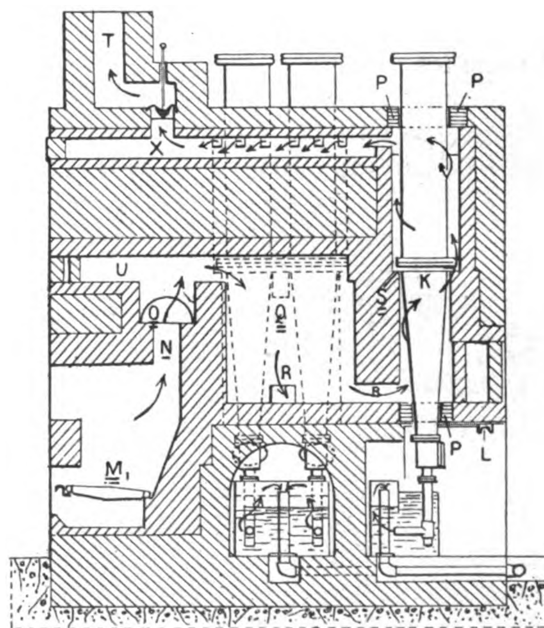


Fig. 5. — Coupe du gazogène d'Ivry-la-Bataille.

d'électricité de la Marguerite, à Ivry-la-Bataille (Eure). Les figures 4 et 5 donnent le plan et une coupe de ce gazogène ; la figure 6

en représente l'élévation et la figure 7 une vue d'ensemble.

Ce gazogène comprend six cornues placées par groupes de deux dans trois gaines G_1, G_2, G_3. Ces cornues sont chauffées par deux foyers M_1 et M_2. En marche normale, deux seulement des groupes de cornues fonctionnent et un seul foyer suffit à leur chauffage; l'autre foyer et le troisième groupe de cornues servent de réserve.

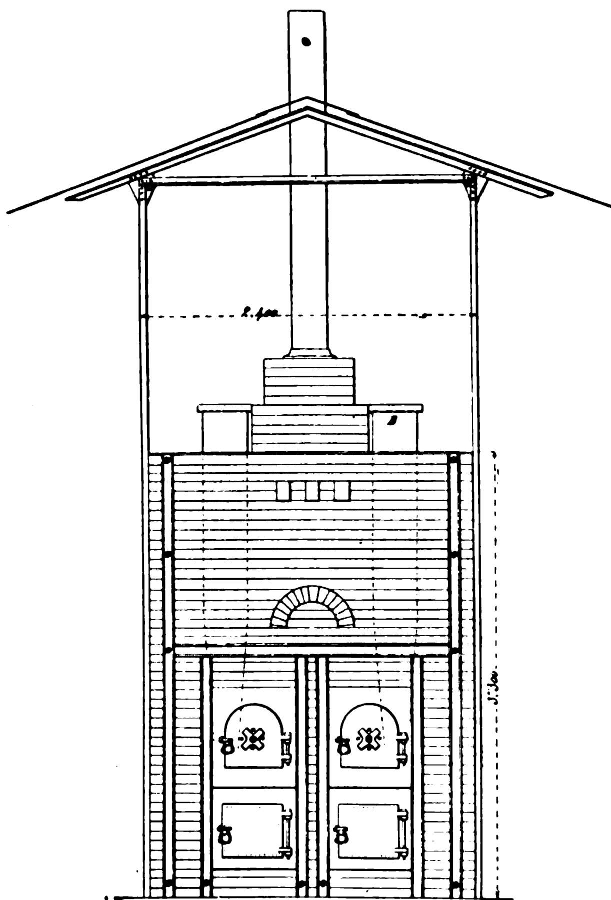


Fig. 6. — Élévation du gazogène d'Ivry-la-Bataille.

La figure 5 montre la disposition d'une cornue dans sa gaine. On voit en K le joint réunissant les deux parties principales de la cornue et en S la saillie de la maçonnerie qui soutient la plaque de fonte sur laquelle il repose. Pour permettre à la cornue de se dilater librement, les dalles réfractaires P qui entourent les parties inférieure et supérieure de ces cornues sont garnies d'amiante fibreuse formant joints assez étanches pour empêcher le passage des gaz du foyer, mais laissant le métal se dilater.

La même figure permet de suivre la marche des gaz du foyer. Ceux-ci s'élèvent par la cheminée N, arrivent dans un carneau horizontal voûté O, passent dans un carneau U également horizontal, mais perpendiculaire au précédent,

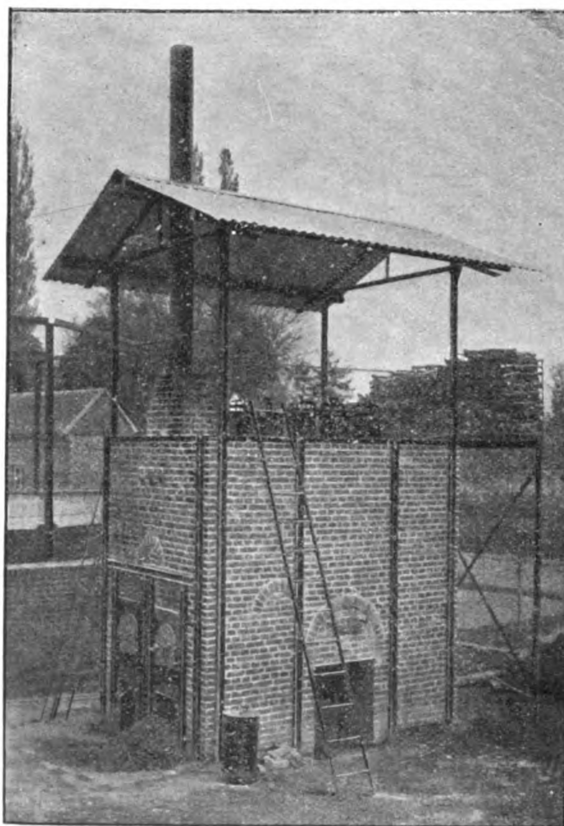


Fig. 7. — Vue du gazogène d'Ivry-la-Bataille.

et pénètrent dans la chambre de chauffe Q située au milieu du massif. Dans cette chambre, la combustion, favorisée par le brassage que produisent les divers changements de direction et de vitesse qu'ont déjà subis les gaz, s'achève complètement, et les gaz chauds, ne contenant plus d'excès d'oxygène libre, passent, par les carneaux R_1, R_2, R_3 munis de registres, dans les gaines G_1, G_2, G_3. De celles-ci ils passent dans le carneau collecteur X et enfin s'échappent par la cheminée T.

La mise en marche et le fonctionnement de l'appareil sont des plus simples. La partie tronconique A des cornues est remplie de charbon de bois, puis portée au rouge blanc; on jette alors une charge de bois par la partie supérieure de la cornue. Quand la distillation de cette charge est terminée, ce qui demande de 30 à 60 minutes, on en met une seconde. Après deux ou trois charges successives on fait tomber par la porte fermant latéralement le pied de cornue une certaine quantité de charbon. Ces diverses opérations ne demandent d'ailleurs que fort peu de temps, et l'ouvrier qui en est chargé peut en même temps vaquer à d'autres occupations, en particulier surveiller le moteur à gaz dans les installations pour la production de la force motrice.

Passons maintenant à l'examen des propriétés du gaz obtenu et à ses applications.

M. Chavanon, ingénieur-chimiste aux glaceries de Saint-Gobain, a analysé le gaz Riché recueilli au cours d'une opération pendant laquelle un gazogène à cornues jumelles fournissait sa production maxima. Les résultats de cette analyse sont consignés dans le tableau suivant, où sont indiquées également les compositions du gaz d'éclairage et de divers gaz pauvres, ainsi que le nombre de calories dégagées par la combustion complète d'un mètre cube de ces gaz, ce nombre étant calculé d'après la composition.

On voit par ce tableau combien le gaz Riché diffère par sa composition et son pouvoir calorifique des gaz pauvres Siemens et Downson. Son pouvoir calorique pourrait d'ailleurs être augmenté encore de quelques centaines de calories par une marche plus lente qui permettrait une transformation plus complète du gaz carbonique en oxyde de carbone par le charbon incandescent; cependant il ne semble pas qu'il y aurait là un grand avantage, car il en résulterait une diminution du rendement en charbon, et il faudrait pour une même production horaire augmenter la capacité du gazogène.

	H	CO	CO^2	Az	CARBURES	POUVOIR CALORIFIQUE
Gaz Riché	49,2	22	21,33	0	12,47	3028
Gaz d'éclairage	49,6	9,2	1,6	3,8	35,4	5250
Gaz à l'eau	49,2	43,8	2,7	4	0,3	2884
Gaz Siemens	0	25,7	4,5	69,8	0	773
Gaz Downson (1)	18,2	26,8	7,2	47	0,6	1346
Gaz Downson (2)	21,0	15,9	11,4	50,1	0,7	1016

(1) Anthracite de choix; (2) charbon allemand.

Par suite de ce grand pouvoir calorifique, le gaz Riché est, comme nous le disions en commençant, susceptible de remplacer le gaz d'éclairage aussi bien que les gaz pauvres dans de nombreuses applications. En particulier pour le chauffage il est de beaucoup préférable aux gaz pauvres, et particulièrement au gaz Siemens, pourtant d'un usage si général. Aussi plusieurs applications de ce genre ont été déjà réalisées ou sont sur le point de l'être. A Saint-Denis, un gazogène Riché a été installé pour le chauffage d'un four à réchauffer de la verrerie Marchand; à Bayel, un autre doit être bientôt installé dans le même but à la verrerie Messirel-Marquot; à la filature de bourre de soie de Melizey, le gaz Riché est employé au flambage des fils; etc.

De nombreux essais faits à l'usine Riché, à Lisors (Eure), ont d'ailleurs montré que bien d'autres applications sont possibles. En par-

ticulier il a été reconnu que l'on pouvait obtenir par la combustion du gaz Riché la température très élevée de 2 000°, ce qui permet de fondre facilement le fer et le cuivre, d'effectuer le soudage et le brasage de pièces de toute sorte, des pièces pour la fabrication des cycles, par exemple. D'autre part, la flamme pouvant être rendue facilement réductrice ou oxydante, la fusion des mattes, le grillage ou la réduction des minerais peuvent être effectués dans des fours chauffés au gaz Riché.

D'autres essais faits à Pantin, dans les ateliers de la Compagnie générale des Omnibus, ont permis de constater que le gaz Riché convient parfaitement au chauffage des générateurs à vaporisation instantanée. Dans l'un de ces essais, dit essai à marche irrégulière, et dont la durée a été de quatre heures, une chaudière Serpollet était chauffée partiellement par un feu de coke et partiellement par du gaz Riché; le gaz était envoyé pendant cinq minutes dans un seul brûleur et pendant les cinq minutes suivantes dans deux brûleurs; l'arrivée du gaz était interrompue pendant cinq autres minutes et le chauffage était repris avec un, puis deux brûleurs. Malgré cette irrégularité du chauffage, les variations de température ont été lentes; de plus, le rendement de la chaudière, c'est-à-dire le quotient du nombre de calories (338859) fournies à la vapeur produite par le nombre de calories (499 560) résultant de la combustion du coke (48 kg) et du gaz (94 m^3) a été très satisfaisant (67,8). Un essai comparatif fait dans les mêmes conditions d'irrégularité de chauffage avec du coke d'Anzin a montré qu'avec ce combustible les variations de température étaient très importantes et que le rendement de la chaudière ne s'élevait qu'à 42,7 p. 100.

Quelques applications du gaz Riché à l'éclairage ont été également faites. Comme il n'est pas éclairant par lui-même, à cause de la faible quantité d'hydrocarbures qu'il contient, il faut le carburer; c'est ce qui a été fait à la teinturerie de M. Brière, à Darnétal (Seine-Inférieure), où il a été constaté que, suivant le degré de carburation, on obtient 15 à 20 bougies avec une consommation de 150 à 160 litres de gaz à l'heure dans un bec papillon. On peut également employer l'incandescence; et la haute température que permet d'obtenir la combustion du gaz Riché le rend alors capable de lutter avantageusement avec le gaz d'éclairage ordinaire ; ainsi, avec un bec Oberlé on a obtenu 40 à 50 bougies pour une consommation horaire de 200 litres, ce qui met le carcel-heure au prix de un quart de centime en comptant le gaz à 0,05 fr le mètre cube, prix qui, comme nous le verrons plus loin, est souvent bien supérieur au prix réel.

Mais c'est principalement l'alimentation des moteurs à gaz qui constitue jusqu'ici le principal débouché du gaz Riché. Sous ce rapport il convient beaucoup mieux que les gaz pauvres qui, par suite de leur faible pouvoir calorifique, exigent une compression énergique si l'on veut obtenir du moteur la même puissance qu'avec l'alimentation au gaz d'éclairage. Il leur est également supérieur par le fait que, ayant une composition constante, il n'expose pas les moteurs à des explosions irrégulières qui les fatiguent ; en outre, ne contenant pas de goudron il n'exige pas un nettoyage aussi fréquent. Comme il ne coûte pas plus cher que les gaz pauvres, la suppression de ces inconvénients, que l'on n'accepte dans l'alimentation par les gaz pauvres qu'à cause du bas prix auquel revient l'énergie produite, constitue un avantage important en faveur du nouveau gaz.

Un grand nombre de moteurs à gaz de différents systèmes, Otto, Crossley, Simplex, Le Gnome, Charon, Tangye, Campbell, Niel, etc., ont été essayés à l'usine de M. Riché, à Lisors (Eure) ou déjà installés par la Compagnie du gaz Riché dans différentes usines. Avec tous ces moteurs construits en vue de leur alimentation par le gaz de ville et sans réglage spécial au gaz Riché, on a pu atteindre et parfois dépasser la puissance, au frein, indiquée par leurs constructeurs. Quant à

la consommation, à pleine charge, elle a été en moyenne de 1 mètre cube de gaz Riché par cheval-heure; avec un moteur Charon de 12 chevaux, réglé avec soin par M. Charon lui-même, la consommation a pu être abaissée à 807 litres par cheval-heure au frein, le gaz contenant 18 p. 100 de gaz carbonique, 22 p. 100 d'oxyde de carbone et sa pression dans le gazomètre étant de 55 mm. La consommation dépend d'ailleurs de la charge; les courbes de la figure 8 indiquent cette consommation pour diverses charges pour quatre moteurs de trois systèmes différents.

Voyons maintenant quel est le prix de revient du gaz Riché.

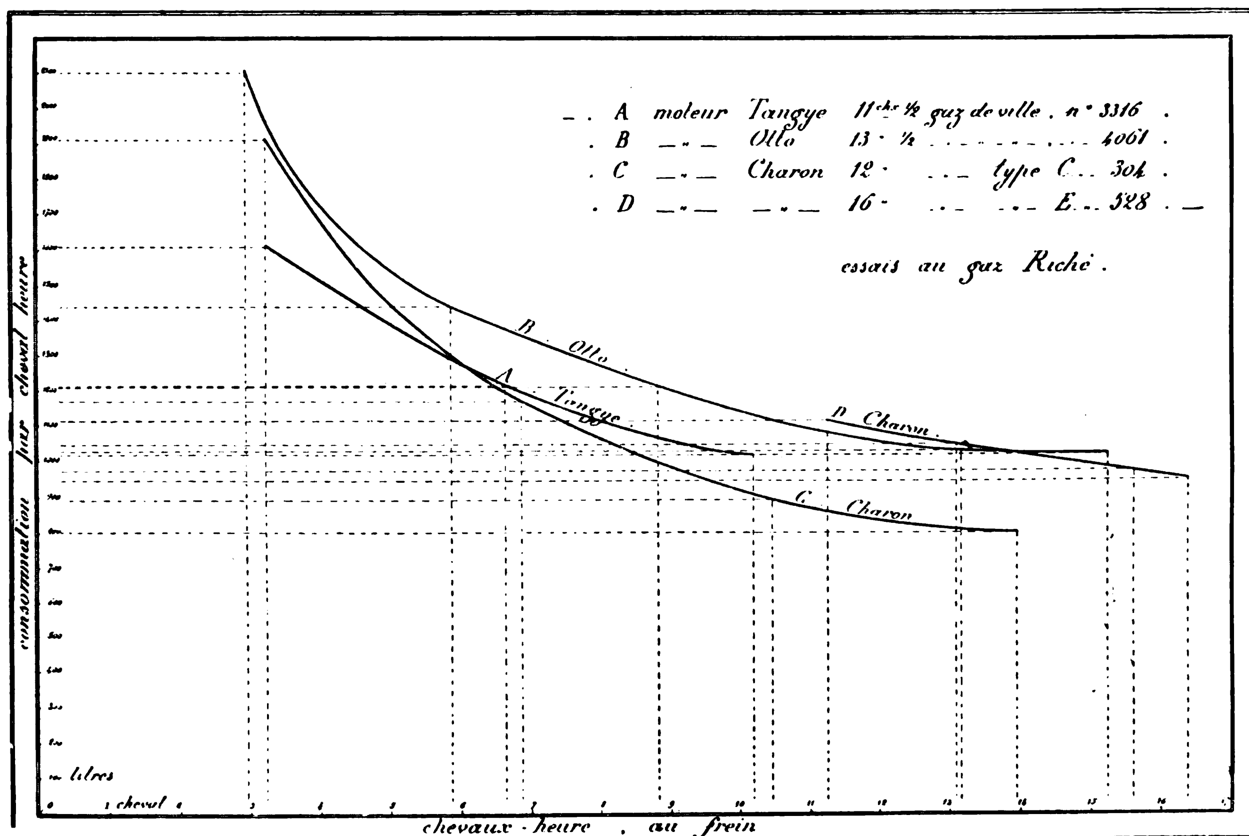


Fig. 8. — Courbes des consommations de divers moteurs, sous charges variables, alimentés au gaz Riché.

Différents essais ont montré que 100 kg de bois, dont la distillation exige 40 kg environ de houille, produisent en moyenne 80 m³ de gaz et laissent un résidu de 18 à 20 kg de charbon de bois.

Si l'on compte le bois à 15 fr la tonne, la houille à 20 fr la tonne, ces chiffres conduisent à une dépense de combustible de 2,30 fr dont 1,50 fr pour le bois et 0,80 fr pour la houille. Mais de cette dépense il convient de retrancher la recette réalisable par la vente du charbon de bois qui, au prix de 5 fr les 100 kg, donne 1 fr. Le prix de revient de 80 m³ de gaz se trouve ainsi ramené à 1,30 fr, soit 0,016 le mètre cube. En tenant compte de la main-d'œuvre, d'une majoration du prix d'achat du bois dans les villes, on peut donc évaluer à 0,025 fr le prix de revient maximum du mètre cube.

A ce prix, le chauffage par le gaz Riché coûte moins de 1 centime les 1000 calories, l'éclairage par incandescence moins de un huitième de centime la carcel-heure, et la force motrice environ 1 centime par cheval-

heure, soit 1,5 centime par kilowatt-heure d'énergie électrique recueillie aux bornes d'une dynamo actionnée par un moteur à gaz.

Mais dans cette évaluation le prix d'achat du bois est compté à un prix élevé. Souvent il en est autrement. Ainsi, à la scierie Nordin, à Calais, où un gazogène a été installé pour l'alimentation de moteurs Charon, il n'y a pas moins de 3000 kg par jour de déchets de bois sans valeur, voire même très encombrants.

D'autres déchets industriels peuvent d'ailleurs être employés ; des essais faits à l'usine de Lisors ont montré que

1000	kgr de tourbe	donnent	1000 m³	de gaz
100	» de sciure de bois	»	127	»
100	» de débris de coton	»	50	»
53	» de tannée	»	52	»
31	» de papier	»	23	»

La distillation des gadoues, qui déjà sont employées dans quelques villes, particulièrement à Shoreditch (Angleterre), à la production de la force motrice, a également été essayée. Quoique, faute d'un mode tout à fait pratique de traitement, ces essais n'aient pas donné jusqu'ici des résultats qui puissent permettre d'exploiter industriellement cette distillation, il est permis d'espérer que l'on parviendra à une solution satisfaisante.

Dans ces conditions le prix de revient du gaz est considérablement abaissé ; il peut même devenir nul si l'on tient compte de la dépense occasionnée par l'enlèvement des résidus sans valeur.

C'est donc un véritable service que M. Riché a rendu à l'industrie en rendant pratique la distillation du bois et des déchets de toute sorte. L'industrie électrique ne sera pas la dernière à en profiter. En permettant de remplacer, pour l'alimentation des gazogènes, l'anthracite, toujours coûteux dans les villages éloignés des voies de communication, par le bois, souvent abondant et à bas prix dans les campagnes, il ne peut manquer en effet d'augmenter le nombre, déjà considérable, des petites installations d'éclairage électrique où la force motrice est fournie par des moteurs à gaz.

T. Pausert.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Frein de de Prony et peson combinés pour évaluer le travail disponible d'un électromoteur ;

Par A. Wetler [1].

La simplicité du frein de de Prony l'a fait employer jusqu'à ces derniers temps pour mesurer l'énergie disponible d'un axe en rotation. Généralement, on règle l'équilibre en plaçant des poids dans un plateau fixé à l'extrémité du bras du frein. La pose et l'enlèvement des poids est une opération longue ; d'autre part on n'obtient jamais l'équilibre, mais des oscillations de part et d'autre de la position d'équilibre. Le nouveau frein employé à l'institut électrotechnique de Karlsruhe, est destiné à éviter ces inconvénients, en accélérant la marche des mesures.

Un frein de de Prony ordinaire est muni d'un second bras de levier opposé au premier et tiré de bas en haut au moyen d'un ressort. Les deux actions du poids et du ressort tendent donc à mettre l'appareil en mouvement dans le même sens, opposé à celui de la rotation de l'arbre en expérience.

Considérons la disposition représentée schématiquement par la figure 1. Quand il y a équilibre, on a pour la valeur M du moment de rotation à la circonférence du disque

$$M = (P + Q)\, r \cos \alpha ;$$

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XIX, p. 658, 29 septembre 1898.

P poids suspendu en kg; Q force d'attraction de bas en haut du ressort en kg; r rayon du cercle décrit par les points d'application des forces P et Q.

Si pour une cause quelconque le moment augmente et devient M_1, le levier tourne dans

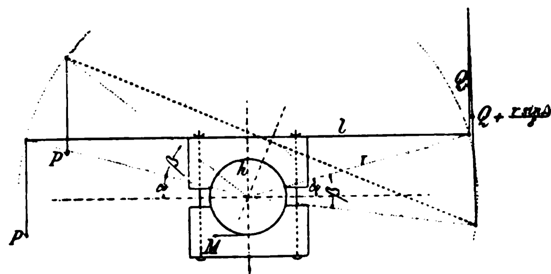


Fig. 1 — Disposition des forces dans le frein.

le sens de la rotation, jusqu'à ce qu'il y ait de nouveau équilibre, et on a

$$M_1 = Pr\cos(\alpha+\beta) + \left[Q + \frac{r\sin\beta}{\delta}\right] r\cos(\alpha-\beta);$$

β angle de la nouvelle position d'équilibre représentée en pointillé avec la position horizontale; δ allongement du ressort correspondant à 1 kgr de charge.

En effet, si on néglige le petit angle que font les deux positions successives de la force Q, on voit alors que, à l'angle de déplacement β du bras de levier, correspond un allongement $r\sin\beta$ du ressort; en divisant cette quantité par δ, constante qui dépend du ressort employé, on obtient l'accroissement de poids ou plutôt de la force Q.

Pratiquement, β ne dépasse guère 5 ou 10 degrés; et, par raison de sécurité, un arrêt limite le déplacement dans le cas d'une rotation plus grande.

On peut construire, pour différentes valeurs de P (0; 0,5; 1; 1,5; 2 kg), les courbes qui correspondent à β abscisse et M ordonnée. La connaissance de β suffit alors pour déterminer M.

Nous verrons, après la description de l'appareil, qu'au lieu d'opérer ainsi, on ramène toujours β à zéro; on détermine le déplacement de l'extrémité supérieure du ressort, l'extrémité inférieure restant à la même place.

Le système dont nous nous occupons est spécialement destiné à de petits moteurs de 1 à 20 chevaux avec vitesse relativement élevée. Il se compose d'une colonne maintenue par un lourd pied de fonte. Le long

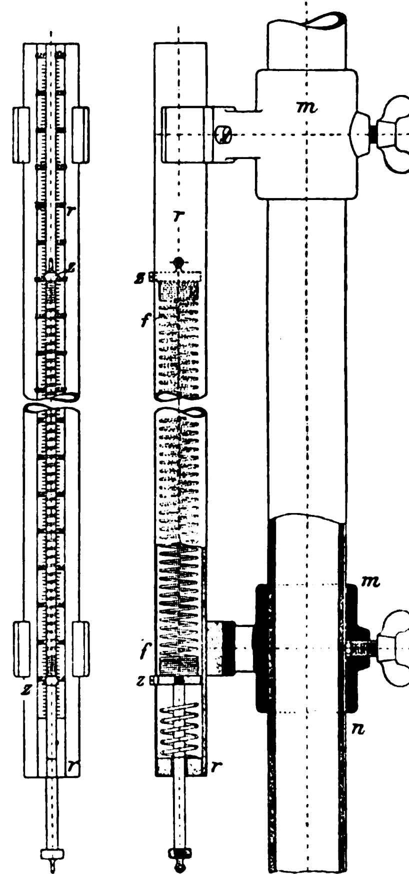


Fig. 2, 3 et 4. — Ressort du frein.

de cette colonne se déplacent (fig. 3 et 4) deux glissières *m*, que l'on peut fixer à une hauteur quelconque, au moyen de vis dont la pointe s'engage dans une petite rainure *n*. Les deux pièces *m* portent un cylindre de laiton dans lequel se trouve le ressort *f*, terminé à ses deux extrémités par deux boutons de laiton, munis d'indicateurs *z*, qui se meuvent hors du tuyau le long d'une fente longitudinale sur une échelle divisée.

L'extrémité inférieure du ressort porte un barreau assez long pour sortir du cylindre et

auquel est attaché le deuxième bras du frein; un anneau de sûreté l'empêche de rentrer dans l'intérieur quand le moment M diminue, et un ressort évite les heurts que pourrait produire une brusque augmentation de vitesse en faisant croître la tension du ressort.

L'extrémité supérieure est attachée à une

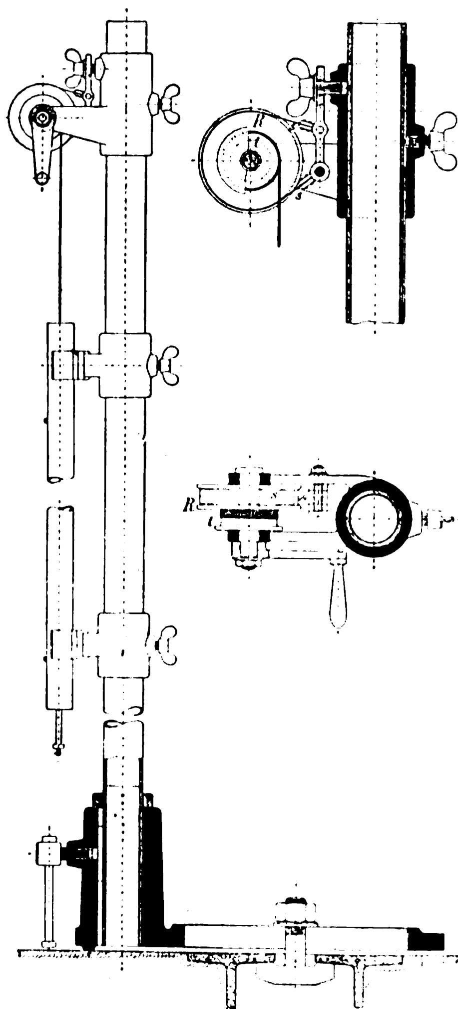


Fig. 5, 6 et 7. — Support du ressort; élévation et vue en plan du dispositif servant à régler la tension.

corde qui passe sur un tambour *t* (fig. 5 à 7), auquel elle est fixée. Le tambour est solidaire d'une poulie R sur laquelle est tendu un ruban d'acier *s*; le frottement est tel que, même sous l'effort du ressort, le tambour ne puisse tourner, mais que l'on puisse encore effectuer cette rotation à la main au moyen de la manivelle. Ce système permet donc de fixer l'extrémité supérieure du ressort à telle hauteur que l'on veut.

Pour opérer, on relie l'extrémité du barreau inférieur au frein de de Prony et on règle la position de l'extrémité supérieure du ressort de façon que l'indicateur inférieur z soit au zéro ou oscille également de part et d'autre. La force qui agit est donc déterminée par la tension du ressort, et il suffit avant ou après l'opération d'étalonner l'échelle divisée pour savoir à quelle force correspond chaque division.

Pour ce travail, on porte en abscisse les poids appliqués à l'extrémité inférieure et en ordonnée les divisions de l'échelle auxquelles s'arrête l'indicateur supérieur, l'indicateur inférieur restant au zéro.

La courbe obtenue est une ligne droite, sauf au point de départ et à l'autre extrémité. On s'arrange alors pour opérer toujours dans la partie rectiligne; à cet effet, on charge dès le début le ressort avec un poids convenable pour se trouver dans la partie rectiligne, on fait ensuite la correction. Lorsque le moment est suffisamment grand, on enlève cette charge et, si le moment est trop grand encore, on place alors des poids en P (fig. 1). G. G.

Système de protection des lignes télégraphiques et téléphoniques contre les forts courants électriques.

L'Administration des Télégraphes suisses vient, par une circulaire datée du 21 mai, de fixer à ses bureaux les règles à suivre pour la protection des lignes et des appareils contre les courants électriques intenses.

1° Dans toutes les localités où se trouvent des conducteurs de forts courants, tous les fils télégraphiques et téléphoniques doivent être munis de coupe-circuits spéciaux (fils fusibles et bobines thermiques) et de parafoudres aux deux extrémités, c'est-à-dire aussi bien à la station centrale qu'aux extrémités des câbles et chez les abonnés.

Cette mesure est motivée par le fait qu'un fil qui tombe sur un conducteur de fort courant peut, par suite du contact et même lorsque ses protecteurs ont bien fonctionné, transmettre le courant fort à d'autres fils et provoquer l'incendie des appareils intercalés et de la matière isolante des communications intérieures, si ces fils ne sont pas eux-mêmes munis de protecteurs.

2° Les coupe-circuits et les parafoudres doivent être placés au point le plus voisin de celui de l'introduction des fils. Il y a lieu de s'assurer surtout que des matières combustibles ne se trouvent pas dans leur voisinage.

3° Les fils fusibles qui servent de protection doivent toujours être insérés entre la ligne et le parafoudre, peu importe qu'ils soient renfermés dans un tube de verre ou de fibre ou fixés à des points. Ces protecteurs doivent fondre seulement sous les courants de plus de deux ampères.

L'insertion de ces coupe-circuits entre les appareils et les parafoudres est défectueuse et doit être immédiatement rectifiée suivant la manière représentée sur la figure 1.

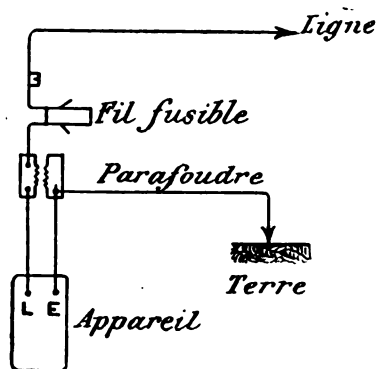


Fig. 1.

4° Les fils fusibles n'étant pas, par eux seuls, suffisants pour préserver les électro-aimants des appareils contre les courants de tension inférieure à 300 volts, on intercale encore entre le parafoudre et l'appareil une bobine thermique qui interrompt le circuit pour un courant de 0,2 ampère environ.

La combinaison des fils fusibles et des bobines thermiques avec les parafoudres donne lieu aux dispositions suivantes :

1° Le système de protection près des abonnés se compose d'une plaque de porcelaine sur laquelle sont fixés un tube avec fil fusible et une bobine thermique disposés en série comme l'indique la figure 2. Ce système

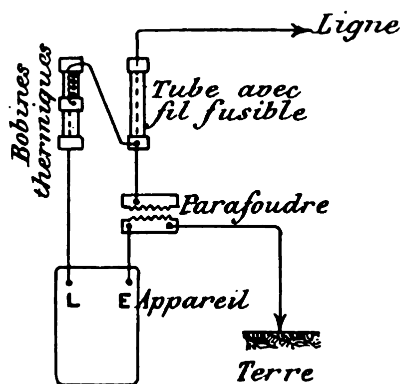


Fig. 2.

ne doit être adopté que sur les lignes à simple fil.

Pour les localités où les forts courants sont de tension inférieure à 300 volts, ce genre de protection est suffisant. Pour les tensions supérieures, il est nécessaire de recourir au

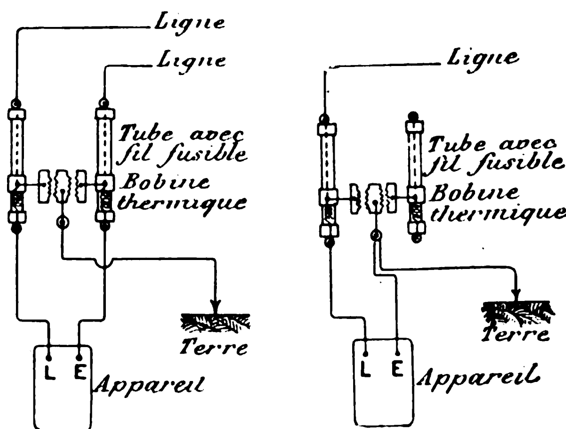


Fig. 3.

système de la figure 3, en en référant en tout cas à la Direction.

2° Le système pour les hautes tensions se compose d'une plaque de porcelaine sur laquelle sont fixés deux longs tubes avec fils

fusibles, deux bobines thermiques et deux parafoudres en charbon (fig. 3).

Une telle disposition n'est en fait que le doublement de la disposition indiquée par la figure 2 et sert pour les tensions qui s'élèvent jusqu'à 1 000 volts dans les stations d'abonnés, ainsi que pour les communications interurbaines et les fils télégraphiques.

Lorsqu'il s'agit de localités qui ont de forts courants, de tension supérieure à 1000 volts, il faut demander à la Direction des télégraphes des instructions spéciales.

3° Les systèmes de protection pour les stations centrales s'établissent d'une manière analogue.

Comme l'indique la figure 4, les lignes

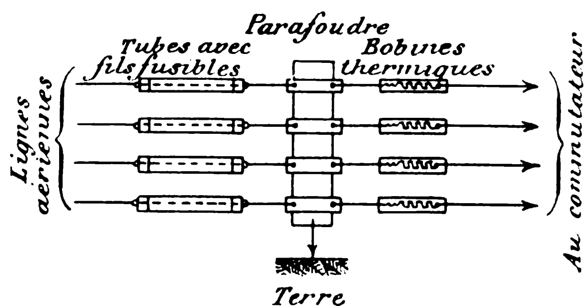


Fig. 4.

aériennes doivent être conduites avant tout aux fils fusibles, puis aux parafoudres et enfin, par l'intermédiaire des bobines thermiques, au commutateur.

Les fils fusibles et les parafoudres doivent donc être placés aux extrémités les plus lointaines des câbles (supports centraux, colonnes des câbles, etc.), et les bobines thermiques au contraire à l'intérieur du bureau central lui-même.

Les appareils de protection présentant toujours un certain danger au point de vue de l'incendie, doivent être placés dans un local, ou au moins sur un support, à l'épreuve du feu et le plus à l'écart possible des matières combustibles.

Plus grande est la tension des lignes à fort courant qui croisent les fils téléphoniques, et plus longs doivent être les tubes contenant les fils fusibles. Sur ce point la Direction décidera dans chaque cas particulier.

L'indemnité de 5 fr par fil pour le système de protection à insérer sur les lignes ne doit plus être désormais demandée aux sociétés industrielles ; mais celles-ci devront, lorsque leurs lignes seront de date plus récente que celles de l'administration, être rigoureusement obligées à établir des filets protecteurs aux points de croisement.

Ces filets devront satisfaire aux conditions principales suivantes :

1° Entourer complètement les conducteurs à haute tension ;

2° S'étendre à une distance du point de croisement suffisante pour que les fils téléphoniques rompus ne puissent en aucun cas venir au contact des conducteurs à haute tension ;

3° Être suffisamment solides pour pouvoir résister, même en cas de forte tombée de neige ou de vent violent, à la chute des faisceaux de fils téléphoniques, et ceci, sans qu'ils puissent d'une manière quelconque venir en contact avec les fils à haute tension qu'ils entourent ;

4° Être, autant que possible, munis à chaque extrémité d'une bonne communication avec la terre afin que, même dans le cas de contact avec les conducteurs de fort courant, les fils rompus ne puissent présenter aucun danger;

5° La grandeur des mailles doit être telle que les extrémités des fils rompus ne puissent pas facilement établir de contact entre les lignes à fort courant et celles à courant faible.

Les fils longitudinaux des filets protecteurs ne doivent pas être distants de plus de 20 cm les uns des autres, ils doivent avoir au moins 3 mm de diamètre. Les fils transversaux (d'au moins 2 mm de diamètre) ne doivent pas être écartés de plus de 30 cm s'il s'agit de filets sans communication avec la terre et de 50 cm si cette communication est établie. Ils doivent être fixés aux fils longitudinaux de manière à ne pouvoir glisser.

6° La distance entre les fils à protéger et

les filets protecteurs ne doit pas être inférieure à un mètre.

L'établissement de filets n'étant pas possible dans le cas de traction électrique à ligne aérienne, on devra placer sur les fils conducteurs des toits protecteurs, répondant aux conditions fixées par les paragraphes 2 à 6.

Les lignes télégraphiques ou téléphoniques qui suivent le parcours des tramways électriques, doivent être transportées autre part ou munies de filets protecteurs qui les entourent de trois côtés.

Une attention spéciale doit être apportée à une bonne communication avec la terre et à une résistance des filets protecteurs contre le poids des neiges. G. G.

Sur le calcul de l'induit d'une machine à courant continu;

Par G. Grassi [1].

Lorsqu'on calcule les dimensions d'un induit de dynamo à courant continu d'un type connu, on peut, sans inconvénient, se donner a priori le rapport du diamètre de l'induit à sa longueur en se basant sur les valeurs de ce rapport admises dans les dynamos exécutées. Il n'en est pas de même lorsqu'on étudie un type nouveau et dans ce cas la connaissance d'une relation entre le diamètre et la longueur de l'induit peut rendre quelques services.

Celle que M. Grassi donne dans cette note est basée sur la considération de la perte par effet Joule dans l'induit.

Désignons par d le diamètre, par l la longueur de l'induit et par B l'induction admise dans cet induit et supposons qu'il s'agisse d'une machine bipolaire à induit tambour.

Comme la totalité de la section ld n'est pas traversée par le flux, nous désignerons la section utile par βld, où β est un coefficient plus petit que l'unité.

Le flux qui émane d'un pôle est alors :

$$\Phi = \beta l d B. \qquad (1)$$

D'autre part si le nombre de tours par minute est n, et le nombre de spires de l'induit N, la tension est donnée par :

$$e = \frac{N n \Phi}{30} 10^{-8}, \qquad (2)$$

qu'on peut écrire

$$v = \frac{\pi d n}{60}$$

en introduisant la vitesse linéaire v à la circonférence de l'induit définie par :

$$e = \frac{2}{\pi} \beta l N B v \, 10^{-8} \qquad (3)$$

Soient r la résistance de l'induit et i l'intensité qui le traverse; le rapport γ de la puissance perdue dans l'induit à la puissance totale fournie par la dynamo est :

$$\gamma = \frac{ri^2}{ei} = \frac{ri}{e}, \qquad (4)$$

et ne doit pas dépasser 0,02.

La résistance de l'induit d'une machine bipolaire est égale au quart de celle des spires. Pour exprimer celle-ci, remarquons qu'on peut représenter la longueur d'une spire par la quantité $2\alpha(l+d)$ où α est un coefficient, plus grand que l'unité pour les enroulements du genre Siemens et qui tient compte de la forme des inducteurs. Si alors on désigne par s la section du fil et par ρ sa résistance spécifique on a pour la résistance, en exprimant toutes les longueurs en centimètres et ρ en ohms par centimètre cube :

$$r = \frac{1}{4} \rho \frac{2(l+d)\alpha}{s} N, \qquad (5)$$

Donnons-nous enfin la densité de courant q par centimètre carré dans l'induit, définie par :

$$i = 2sq, \qquad (6)$$

nous obtenons en remplaçant ri et e par leurs valeurs dans l'expression de γ :

$$\gamma = \frac{\pi}{2} \frac{\rho \alpha q}{\beta B v} \left(1 + \frac{d}{l}\right) 10^8 \qquad (7)$$

---

[1] *Atti della Associazione Elettrotechnica Italiana*, vol. I, p. 41.

expression qui relie le diamètre et la longueur de l'induit à des quantités qui pratiquement sont connues et qui permet de déterminer le rapport de ces deux dimensions.

On déduit de cette relation :

$$\frac{d}{l} = \frac{2\beta\gamma\nu B}{\pi\rho\alpha q} 10^{-8} - 1 \qquad (8)$$

Comme $\frac{d}{l}$ est nécessairement positif on voit qu'on doit avoir :

$$\frac{2\beta\gamma\nu B}{\pi\rho\alpha q} 10^{-8} > 1, \qquad (9)$$

inégalité qui peut s'écrire aussi :

$$\gamma > \frac{\pi\rho\alpha q}{2\beta\nu B} 10^{8} \qquad (10)$$

Si l'on introduit la considération de la surface de refroidissement de l'induit on peut obtenir finalement une formule qui permet de calculer le diamètre. Supposons par exemple qu'on admette une surface de m centimètres par watt absorbé dans l'enroulement induit; en prenant pour surface la surface latérale seule du cylindre on a :

$$\pi l d = m\gamma e i = m\gamma W, \qquad (11)$$

W étant la puissance de la dynamo.

L'élimination de l entre (8) et (11) donne :

$$d^2 = \frac{m\gamma W}{\pi}\left[\frac{2\beta\gamma\nu B}{\pi\rho\alpha q} 10^{-8} - 1\right],$$

ou :

$$d = A\sqrt{W},$$

A étant une constante dépendant de l'induction, de la vitesse périphérique, de la densité de courant et des coefficients α, β et m.

L'auteur applique ces formules au cas suivant

$$\rho = 1{,}75\ 10^{-6}$$

$v = 2\,000$ cm	$B = 15\,000$ gauss
$q = 500$	$m = 5$
$\alpha = 1{,}1$	$\beta = 0{,}6.$

La première condition à satisfaire est :

$$\gamma > \frac{\pi \times 1{,}75 \times 1{,}1 \times 500 \times 10^{2}}{2 \times 0{,}6 \times 2\,000 \times 15\,000}$$

ou

$$\gamma > 0{,}0084.$$

On a :

pour $\gamma = 0{,}01$	$A = 0{,}055$
$0{,}015$	$0{,}137$
$0{,}02$	$0{,}209.$

Comme le rapport $\frac{d}{l}$ est donné par

$$\frac{d}{l} = 119\gamma - 1,$$

On a :

pour $\gamma = 0{,}01$	$\frac{d}{l} = 0{,}19$
$0{,}15$	$0{,}785$
$0{,}02$	$0{,}38.$

On voit que l'induit à tambour allongé se prête mieux à un bon rendement de l'induit.

Le cas d'un induit à anneau pourra être traité de la même façon. J. R.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du mercredi 5 novembre 1898.

M. Guillaume parle des *anomalies de l'eau.*

La chaleur spécifique de l'eau passe par un minimum au voisinage de la température de 28°; ce résultat, annoncé d'abord par Rowland, qui l'avait déduit de la mesure de l'équivalent mécanique de la calorie à diverses températures, a été confirmé par les recherches de MM. Bartone et Stracciati, de Catane, et de M. Griffiths.

La comparaison des thermomètres employés par M. Rowland et M. Griffiths a fait disparaître la divergence qui subsistait encore entre leurs résultats et ramené les deux cour-

bes qui représentent, d'après ces deux expérimentateurs, la chaleur spécifique en fonction de la température, à avoir des tangentes parallèles aux points de même abscisse.

Après avoir discuté l'hypothèse de Rœntgen, qui considère l'eau comme tenant en dissolution de la glace jusqu'à une certaine température, M. Guillaume rappelle les anomalies électriques. A la température ordinaire, le pouvoir inducteur spécifique de l'eau, mesuré par la méthode du condensateur, est très élevé ($K = 70$ environ); l'indice des radiations électromagnétiques a une valeur correspondante satisfaisant à la relation de Maxwell, $K = n^2$. Pour la glace, à des températures voisines de 0°, la méthode du condensateur donne des valeurs de même ordre que pour l'eau, tandis que la détermination des longueurs d'onde électromagnétique a fourni à M. Blondlot un nombre voisin de 2, qui satisfaisait à la relation de Maxwell, si on considérait l'indice des radiations lumineuses. En opérant à des températures très basses, MM. Dewar et Fleming ont vu le pouvoir inducteur spécifique diminuer graduellement et atteindre 1,7, dans des mesures faites par le condensateur.

L'étude des tensions superficielles a conduit M. Ramsay à admettre que les molécules de certains liquides sont formées par l'association de plusieurs molécules chimiques, généralement dans le cas où la formule renferme le groupe OH. On pourrait supposer que, dans l'eau, les molécules chimiques sont réunies par des liens assez lâches pour que les oscillations du système soient très lentes et atteignent la période des ondes électriques ordinaires.

On peut rapprocher de ces faits les propriétés de l'alcool; la valeur de K donnée par les méthodes statiques est de 25 ou 30; elle ne s'abaisse à 10 à 15 que lorsqu'on emploie des ondes électriques de 3 ou 4 mm de longueur; il est probable que le poids supérieur des molécules d'alcool rend la période d'oscillation plus courte. On pourrait aussi trouver une confirmation de l'hypothèse de la tétravalence de O dans l'alcool.

M. Villard décrit un nouvel *interrupteur électromagnétique à mercure pour bobines de Ruhmkorff.*

Cet appareil, qui a fonctionné avec bobines de 25 cm d'étincelle, ne comporte aucun mécanisme; il n'exige l'emploi d'aucune source d'énergie étrangère. Le mouvement est produit par les vibrations d'une lame élastique placée de champ et fortement encastrée à ses deux extrémités; suivant la ligne médiane verticale est fixée une tige de cuivre recourbée et terminée par une pointe de métal qui plonge dans le mercure. Quand on écarte la tige de sa position d'équilibre, elle y est ramenée par la lame, qui entre en vibration. Le mouvement est entretenu au moyen d'un aimant permanent de forme presque circulaire, entre les pôles duquel vient passer la tige de cuivre qui conduit le courant; chaque fois que le circuit est fermé, la tige éprouve, dans le champ magnétique, une action qui tend à la déplacer et à rompre les communications. La puissance perdue dans la tige de cuivre est inférieure à un watt. On a donné à l'extrémité de cette tige et à la pointe de nickel qui la termine la forme d'un cercle le long duquel elle se déplace, de façon que la position du point de contact ne change pas. On peut faire varier la vitesse d'oscillation en chargeant l'appareil; il est inutile de dépasser une fréquence de 20 par seconde.

Le godet à mercure est placé sur une planchette, fixée par une charnière à une seconde planchette qui recouvre partiellement la première et qui porte l'appareil vibrant; on peut ainsi isoler le godet pour le nettoyer, et régler au moyen d'une vis l'immersion de la pointe dans le mercure. On obtient des résultats très différents suivant l'intensité qu'a eu le temps de prendre le courant inducteur au moment où se produit la rupture. D'une façon générale on a avantage à employer une force électromotrice plus grande et à augmenter la résistance; les résultats sont meilleurs avec 10 accumulateurs donnant seulement 22 ampères, l'appareil fonctionnant à toute vitesse, qu'avec 6 accumulateurs donnant 30 ampères,

parce que le premier courant s'établit beaucoup plus vite. M. Villard montre aussi que son appareil permet le fonctionnement d'une bobine de 25 cm d'étincelle avec un seul accumulateur; la distance explosive est alors réduite à 3 cm.

Pour les très fortes bobines on emploie le système de connexions de Foucault, comprenant deux bornes pour la batterie, deux pour l'inducteur, deux pour le condensateur; sur toutes les bobines qui possèdent déjà un commutateur et un interrupteur, il suffit de fixer deux bornes pour les relier au nouvel appareil.

M. Chabaud présente des épreuves destinées à la *stéréoscopie radiographique.*

En utilisant le tube, dit osmorégulateur, à tube de platine, dans lequel on peut faire varier à volonté la pression par le procédé de M. Villard et l'interrupteur décrit ci-dessus, M. Chabaud a pu, en réglant l'étincelle équivalente à la résistance du tube à 12 ou 14 cm, obtenir des radiographies avec les durées de pose suivantes : pour une tête, de 2 à 5 minutes; pour un bassin d'adulte, de 2 à 5 minutes; pour un genou ou une cuisse, 30 secondes; pour la partie la plus épaisse d'un pied, 10 secondes; pour un bras, de 10 à 15 secondes; pour une main, 5 secondes; pour un thorax, 10 secondes.

Les clichés du bassin sont souvent voilés; en employant un développateur à la pyrocatéchine et en prolongeant longtemps le développement, on obtient néanmoins de bons résultats, l'intensité du voile ne croissant pas indéfiniment. Avec un transformateur Wytz-Rochefort, on obtient un thorax en 20 secondes, avec un voile très faible, l'étincelle se comporte comme celle d'une machine statique, avec l'avantage d'une activité plus grande.

M. Chabaud décrit un matériel complet de stéréoscopie radiographique comprenant :

1° Un support universel permettant de donner à un tube de Crookes une position et une orientation quelconques ; cet appareil comporte une glissière graduée pour repérer exactement les deux positions du tube. Des plaques de diverses dimensions (13×18, 18×24, 24×30) peuvent être placées, en deux orientations différentes, dans le châssis.

2° Un stéréoscope Caze pour l'observation des épreuves.

3° Un support permettant d'éclairer des clichés par transparence pour l'observation des négatifs. Un tableau calculé spécialement par M. Caze permet de déduire de la moyenne des distances observées sur un cliché la distance vraie de deux points.

En intervertissant les clichés on obtient approximativement, comme l'ont observé MM. Ribot et Marie, l'aspect que présenterait l'objet vu de l'autre côté, ce qui permet de placer d'une façon sûre les clichés dans l'ordre voulu et de déterminer immédiatement la position d'un objet opaque par rapport à un os.

C. R.

BIBLIOGRAPHIE

Technique et applications des rayons X, par G.-H. Niewenglowski, préparateur à la Faculté des Sciences de Paris. Un vol. in-8°, 161 pages, 78 figures dans le texte et 8 planches hors texte. *H. Desforges*, 41, quai des Grands-Augustins, éditeur. Prix, broché, 3 fr.

Au courant des nombreux travaux scientifiques faits sur les rayons Rœntgen, comme préparateur de la Faculté des sciences, et au courant des diverses difficultés que présente la technique radiographique, comme directeur du journal *La Photographie*, M. Niewenglowski se trouvait dans les meilleures conditions pour écrire un ouvrage pratique ne renfermant pas ces monstrueuses erreurs que l'on rencontre malheureusement dans beaucoup des nombreux ouvrages de vulgarisation qu'a fait

éclore le développement des applications des rayons Rœntgen.

Afin de ne rien laisser ignorer aux lecteurs des principes que met en œuvre la radiographie, M. Niewenglowski commence par l'exposé de la théorie des ombres et pénombres, où il décrit les intéressantes expériences faites par M. Sagnac en vue de montrer les illusions accompagnant la formation des pénombres et qui ont été décrites par leur auteur dans ce journal. Il passe ensuite à l'étude sommaire du spectre solaire, puis à la production et aux propriétés des oscillations de Hertz et de Tesla, puis aux rayons cathodiques, et arrive enfin aux rayons X. L'étude des propriétés de ces rayons, fort bien présentée d'après les documents les plus récents, forme la matière du chapitre VI. Dans le chapitre suivant, le plus étendu, se trouvent décrites les bobines d'induction et les ampoules. La technique radioscopique et la technique radiographique viennent ensuite. Puis vient un chapitre très intéressant sur la détermination du siège d'un corps opaque à l'intérieur d'un corps transparent pour les rayons Rœntgen, et enfin un chapitre sur les applications de ces rayons à la chirurgie, la médecine, l'industrie, etc. Deux notes terminent l'ouvrage, l'une contient le résumé des intéressantes recherches de M. Sagnac sur la transformation des rayons X par la matière, l'autre donne la description d'un nouvel appareil de MM. Radiguet et Guichard, permettant d'obtenir une plus grande netteté des radiographies, et qui a reçu le nom de radiocondenseur.

Fort complet, ainsi qu'on peut en juger par cet examen rapide des matières qui sont traitées, l'ouvrage de M. Niewenglowski nous paraît remplir le double but pour lequel il a été publié : mettre à la portée du lecteur les connaissances nécessaires pour un emploi judicieux du matériel et pour l'interprétation correcte des images obtenues, et initier le lecteur aux détails de la technique.

CHRONIQUE

Explosion des mélanges grisouteux par bris de lampes à incandescence. — Dans deux chroniques (t. XV, p. 43 et 214, 2 et 30 avril 1898), nous indiquions les recherches faites par MM. H. Couriot et J. Meunier sur les conditions d'explosion des mélanges grisouteux, et plus récemment (t. XVI, p. 396, 27 août 1898) nous signalions les expériences du même genre faites en Allemagne. Les résultats de ces recherches et expériences semblent pouvoir être résumés dans les deux propositions suivantes : 1° l'explosion d'un mélange grisouteux le plus explosif ne se produit pas au contact d'un conducteur porté au rouge par un courant électrique; 2° elle se produit généralement, mais non nécessairement, lorsqu'une étincelle a lieu entre deux segments d'un conducteur brisé.

De nouvelles recherches de MM. H. Couriot et J. Meunier sur des lampes à incandescence viennent confirmer ces conclusions. Voici ce qu'ils disent à ce sujet dans une note à l'Académie des sciences (*Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 559) :

« Nous avons pu, grâce à une disposition très simple, charger d'un mélange grisouteux préparé d'avance et titré des lampes électriques à incandescence sans en briser le filament.

» Le chargement se fait à volonté, soit avant, soit pendant l'allumage, en sorte qu'il est facile de reproduire au laboratoire toutes les circonstances qui peuvent se présenter dans l'emploi pratique des lampes au sein des houillères.

» L'artifice que nous avons imaginé consiste à faire souder, sur une lampe à incandescence de modèle ordinaire, un tube à gaz de 4 cm de long, terminé par une partie effilée capillaire. La communication avec un gazomètre rempli du mélange sur lequel on veut expérimenter est établie par un tube de caoutchouc branché sur ce tube; des précautions sont prises pour éviter que l'eau du gazomètre pénètre dans les différentes parties de cette canalisation, et le mélange gazeux est desséché en traversant un barboteur à acide sulfurique. Pour charger la lampe, il suffit de briser la partie effilée qui se trouve engagée sous le tube de caoutchouc; elle se remplit aussitôt du gaz, grâce au vide préexistant. On a soin de l'enfermer dans une sorte de cage en toile métallique destinée à retenir les fragments de verre en cas d'explosion.

» Nous avons exécuté différentes expériences avec cet appareil, en opérant toujours avec un mélange à 9,5 p. 100 de méthane.

» Nous nous sommes servis d'abord de lampes ayant un pouvoir éclairant de 10 bougies et mar-

chant à 45 volts ; l'intensité du courant exigée par la marche normale d'une pareille lampe est 0,8 ampère ; la lampe étant en marche, nous y avons fait pénétrer le mélange grisouteux ; l'incandescence s'est obscurcie assez rapidement, sauf en un point du filament qui gardait tout son éclat, c'est là que la rupture s'est faite avec une faible étincelle après une minute environ. Il ne s'est produit aucun phénomène d'explosion. Nous avons constaté qu'au point de rupture, le filament s'était brisé sur une fraction de millimètre seulement, et que les deux fragments en regard s'étaient amincis en pointes fines. Cette expérience répétée a donné lieu aux mêmes observations.

» Nous avons pris ensuite une nouvelle lampe de 10 bougies à 45 volts, et nous lui avons fait subir un surmenage électrique en portant le courant à 53,5 volts et à 0,925 ampère, le gaz a été alors introduit dans la lampe qui est restée allumée pendant vingt secondes et s'est éteinte en présentant un point brillant comme les précédentes : l'effet du surmenage est donc nul.

» L'addition aux conducteurs de 200 m de fil présentant une résistance d'environ 6 ohms est demeurée également sans effet. Enfin, des essais analogues effectués avec des lampes de 10 bougies, marchant à 15, 30, 60, 90 et 110 volts, ont donné des résultats identiques.

» L'emploi de la lampe de 10 bougies à 15 volts à filament gros et court nous a permis de nous rendre compte des effets produits par les courants d'une intensité supérieure à 2 ampères et par l'échauffement de l'appareil avant l'introduction du grisou.

» Cette lampe exige un courant de 2,15 ampères. Nous l'avons laissée allumée pendant vingt minutes avant d'y faire pénétrer le grisou ; sa capacité étant de 150 c^3 environ, elle avait sûrement atteint à ce moment le maximum de l'échauffement qu'elle pouvait acquérir : l'arrivée du grisou a produit l'affaiblissement graduel de l'incandescence et l'amincissement du filament ; ce dernier effet augmentant la résistance de la lampe, le voltage s'est élevé à 19 volts, tandis que l'ampérage est tombé à 1,5 ampère ; puis, au bout de deux minutes et dix secondes, l'extinction s'est faite au point brillant situé vers la partie supérieure du filament. Nous avons soumis une lampe du même modèle à un surmenage énorme, en l'alimentant par un courant de 55 volts qui est tombé bientôt après à 40 volts et s'y est maintenu pendant les deux minutes qui ont précédé l'extinction.

» En résumé, *avec aucune des lampes précédentes dont le filament n'était pas brisé préalablement, nous n'avons obtenu l'explosion du mélange de grisou le plus explosif.*

» Il est facile de donner l'explication de ce fait. Nous avons établi, dans notre première note, que les fils métalliques incandescents sont impuissants à déterminer l'explosion des mélanges les plus explosifs ; il en est de même du filament des lampes. Il faut ajouter que la combustion sans flamme du grisou qui paraissait peu nette dans nos premières expériences se produit dans les lampes d'une manière bien évidente. En effet, après le refroidissement de la lampe, on aperçoit la vapeur d'eau provenant de la combustion condensée sur la paroi de la lampe, le gaz intérieur n'est plus inflammable par une allumette et trouble abondamment l'eau de chaux : il s'est donc formé du gaz carbonique et la nature du gaz explosif s'est modifiée de façon à n'être plus explosive au moment de la rupture du filament. L'étincelle qui se produit alors demeure sans effet.

» Nous avons réussi à obtenir l'explosion en faisant une expérience qui est une sorte de contrôle des précédentes. La lampe qui nous a servi était de 90 volts et avait eu son filament brisé avant l'épreuve au point de la soudure du filament avec le porte-filament de platine ; après avoir été remplie du même gaz que les précédentes, elle a été soumise à l'action d'un courant de 110 volts ; elle ne s'est pas allumée, mais les parties dessoudées étant amenées au contact l'une de l'autre, par des secousses, il jaillissait des étincelles et le courant subit qui s'établissait était assez intense pour communiquer à l'aiguille de l'ampèremètre une impulsion correspondant à 1 ampère ; les premières étincelles n'ont produit aucun effet, mais l'une d'elles a provoqué une violente explosion qui a réduit le verre de la lampe en menus fragments.

» Nous avons voulu renouveler cette expérience avec une autre lampe, mais sans succès, car, après une douzaine d'étincelles, la soudure s'est faite entre les deux portions du filament et la lampe a repris son fonctionnement normal. On voit donc, d'après ces expériences, que le danger ne paraît pas résider, comme on avait pu le croire, dans l'incandescence du filament et dans la haute température à laquelle il est porté, mais uniquement dans les étincelles électriques. »

Le Gérant : C. NAUD.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

DÉMARRAGE ET RÉGULATION DES MOTEURS

Dans notre dernier article sur le démarrage des moteurs à courant continu [1], nous avons signalé que M. Egger, dans un article [2] en réponse à celui de M. Menges, avait donné un dispositif de démarrage un peu plus compliqué que celui de ce dernier inventeur. Ce dispositif nécessite l'emploi d'une résistance réglable de démarrage dans l'induit du moteur shunt, et de deux résistances fixes l'une dans le circuit des inducteurs, l'autre dans celui de l'induit.

Les différents couplages que réalise l'appareil de M. Egger pour la mise en route et le changement de sens de rotation, sont représentées sur les figures 1 à 13.

Sur la figure 1, le moteur est en vitesse dans un sens déterminé, et le courant qui traverse son induit A a le sens indiqué par la flèche. La résistance de démarrage W est hors circuit, ainsi que la résistance auxiliaire dans l'inducteur; la résistance auxiliaire de l'induit est en court-circuit.

Pour arrêter le moteur, on commence par agir sur l'induit seul en mettant le rhéostat W et la résistance HS en circuit, en même temps qu'on branche le pôle négatif de l'excitation à l'une des extrémités de la résistance

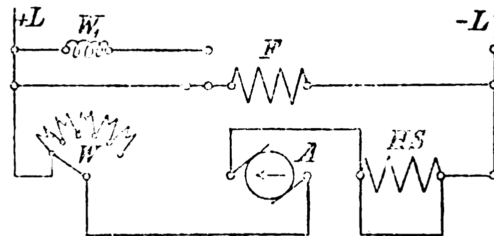


Fig. 1. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

HS (fig. 2). Le courant est ensuite coupé dans l'induit, lequel se trouve fermé sur sa résis-

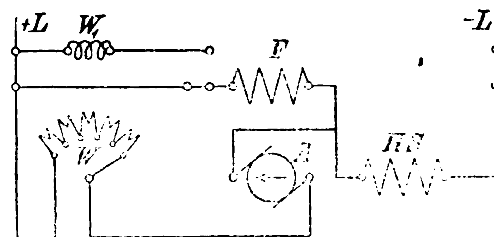


Fig. 2. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

tance de démarrage pendant que le courant d'excitation traverse la résistance HS (fig. 3).

On diminue ensuite la résistance en circuit

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 81.

[2] *Elektrotechnische Zeitschrift* du 3 février 1898, p. 77.

avec l'induit (fig. 4), puis on introduit la

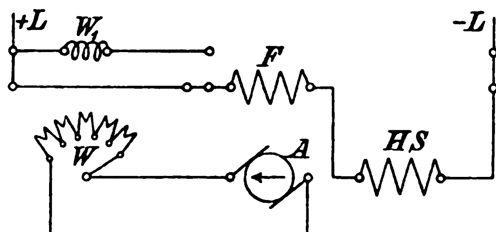


Fig. 3. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

résistance W_1 dans les inducteurs en mettant

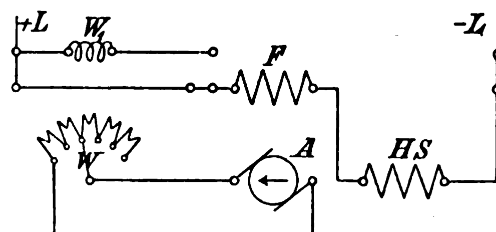


Fig. 4. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

en même temps H S en court circuit (fig. 5);

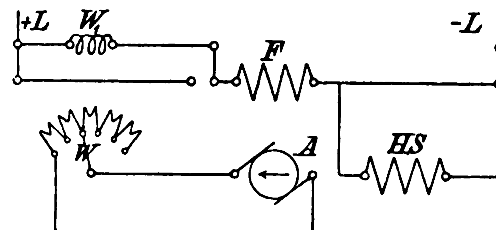


Fig. 5. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

finalement le circuit de l'inducteur est coupé (fig. 6), puis court-circuité (fig. 7).

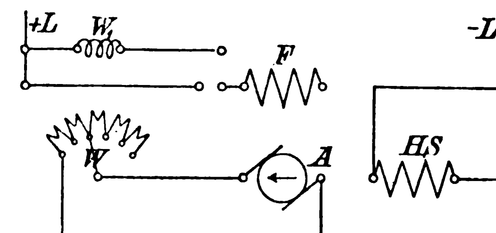


Fig. 6. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

Pour mettre l'appareil en service et en sens contraire, on passe par des couplages

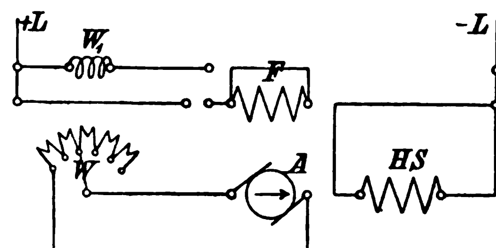


Fig. 7. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

analogues qui permettent de rétablir l'exci-

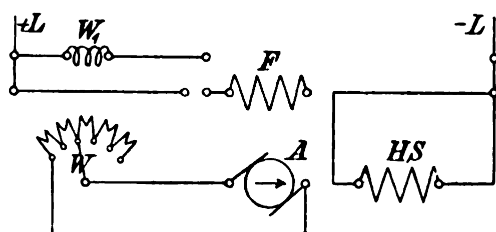


Fig. 8. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

tation dans le même sens que précédemment

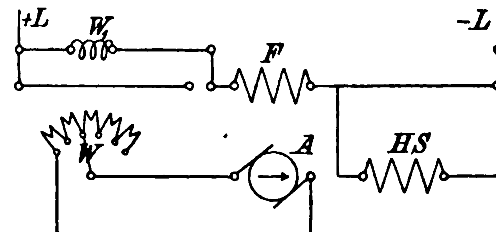


Fig. 9. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

(fig. 9 et 10). On introduit ensuite toute la résistance W dans le circuit de l'induit

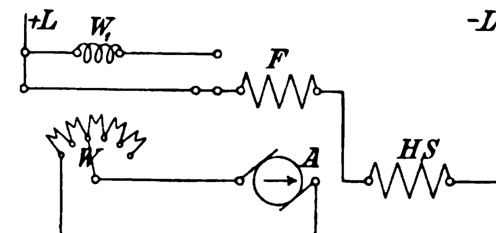


Fig. 10. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

(fig. 11) pour y envoyer ensuite le courant de

la ligne (fig. 12). Finalement la résistance

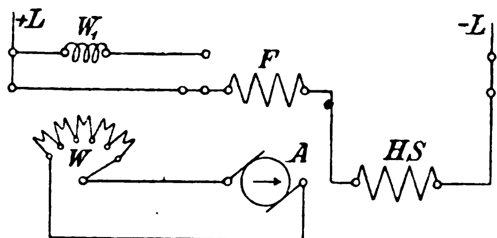


Fig. 11. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

HS et le rhéostat W sont mis la première

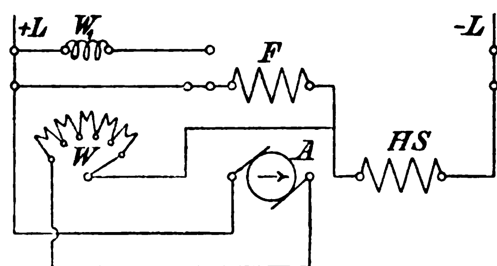


Fig. 12. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

en court-circuit et le second hors circuit.

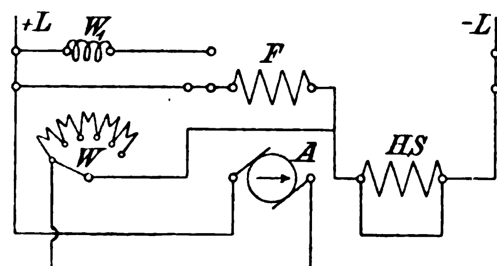


Fig. 13. — Schéma des différents couplages de l'appareil de démarrage avec inverseur de marche d'Egger.

Les résistances liquides pour le démarrage des moteurs à courant continu et alternatif sont généralement formées d'un bac conducteur dans lequel on enfonce une plaque guidée par des rainures, ou mobile autour d'un axe situé dans un des angles de la plaque. M. J.-H. Holmes (1) de Newcastle a imaginé plusieurs dispositifs où une plus grande variabilité de la résistance est obtenue par immersion de plaques mobiles autour d'un axe situé au milieu d'un des côtés de la plaque, en même temps que divers perfectionnements dans la manœuvre de ce genre d'appareils jusqu'ici plutôt rudimentaires.

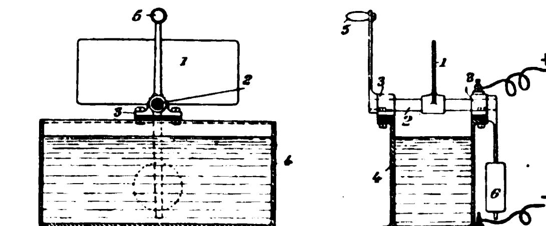


Fig. 14 et 15. — Rhéostat liquide Holmes.

Les figures 14 et 15 se rapportent à un rhéostat formé d'une plaque métallique 1 qui peut tourner autour d'un axe 2 dans les coussinets 3 dont la masse est isolée du bac métallique 4 contenant le liquide conducteur. La manœuvre de la plaque dont le poids est équilibré par un contrepoids 6, est faite à l'aide de la manivelle 5. L'une des bornes de l'appareil est fixée sur l'un des paliers 3, l'autre après le bac lui-même.

Dans la disposition plus compliquée représentée sur les figures 16 et 17, la plaque 1

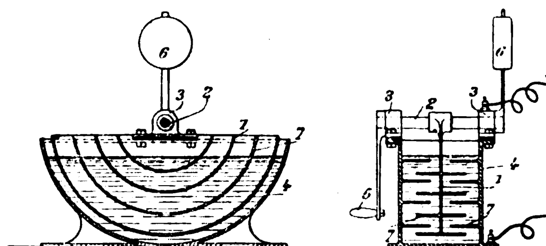


Fig. 16 et 17. — Rhéostat liquide Holmes à bac cylindrique.

affecte la forme d'un secteur de cercle d'un angle à peu près égal à 180 degrés, elle est fixée et manœuvrée comme dans le dispositif précédent. La cuve a une forme semi-circulaire; de plus, pour diminuer la résistance de l'appareil, la plaque et les faces semi-circulaires du bac sont garnies de nervures 7 qui s'interposent les unes entre les autres.

Lorsque le moteur au démarrage duquel

(1) Brevet anglais, n° 1 521, 6 figures. Déposé le 20 janvier 1897, délivré le 13 novembre 1897.

sert le rhéostat doit pouvoir changer de sens de rotation, M. Holmes emploie le dispositif des figures 18 et 19. La plaque, d'une

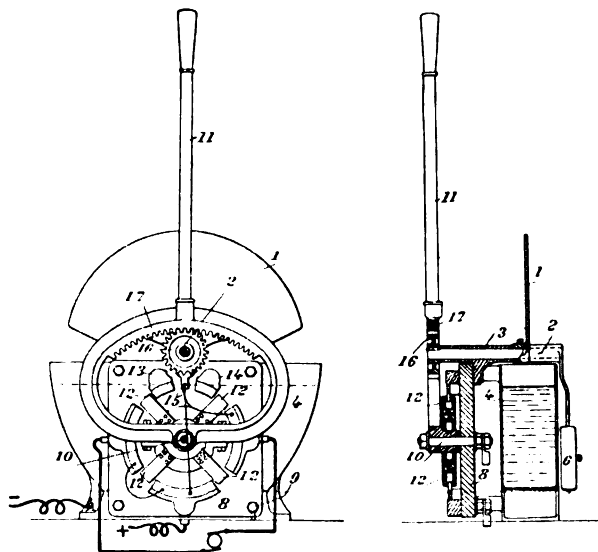


Fig. 18 et 19. — Rhéostat liquide Holmes avec commutateur inverseur.

forme semi-circulaire, au lieu d'être commandée directement par le levier 11, l'est par l'intermédiaire d'un pignon 16 qui s'engrène avec l'arc de roue dentée 17, et faisant corps avec le levier, de façon que le déplacement complet de la plaque corresponde à un déplacement faible du levier.

Le commutateur d'inversion, disposé sur une plaque isolante fixée sur la cuve elle-même, est manœuvré également par le levier 11 qui porte les quatre balais de contact 12; ces balais sont isolés du levier et sont réunis les deux supérieurs ensemble et les deux inférieurs également. Des quatre segments du commutateur inverseur deux sont en communication avec les bornes du moteur, un troisième est relié directement à l'un des pôles de la génératrice et le quatrième, le supérieur, est partagé en trois parties dont deux 13 et 14 communiquent avec l'axe de la plaque, et la troisième 15 avec le bac 4. Ce dernier est lui-même réuni directement au second pôle de la génératrice.

Lorsque le levier est placé verticalement, aucun courant ne traverse le moteur; mais si on vient à l'incliner dans un sens ou dans l'autre, le courant traversera d'abord le rhéostat et le moteur, ce dernier dans un sens ou dans l'autre, puis le moteur seul, lorsque le balai 12 viendra se placer sur le plot 15, le rhéostat étant alors en court-circuit.

Les rhéostats pour démarrage de moteur du docteur G.-E. Dixon [1] sont constitués par

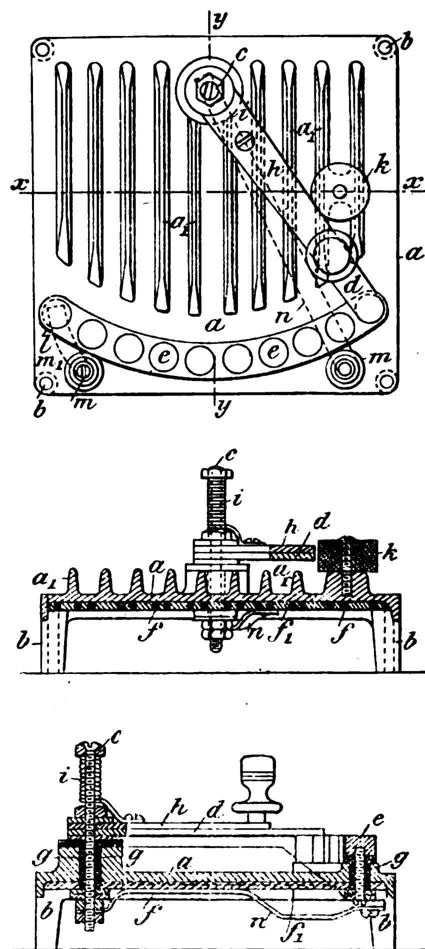


Fig. 20, 21 et 22. — Vue et coupes d'un rhéostat Dixon.

des résistances noyées dans une matière vitreuse ou dans une composition analogue à celle employée pour l'émaillage des appareils

[1] Brevet anglais, n° 7212, 4 figures. Déposé le 19 mars 1897, délivré le 19 février 1898.

de cuisine, et disposées sur des plaques en fonte pour faciliter le refroidissement. Ce sont donc des résistances identiques aux plaques chauffeuses de la Compagnie du Familistère de Guise [1].

La plaque de fonte *a* (fig. 20, 21 et 22) est munie de nervures a_1 et de supports tubulaires *b* qui la font ressembler aux rhéostats de la Ward Leonard Company de New-York, très connus en Amérique, lesquels emploient au lieu de fil, un ruban de ferro-nickel noyé partiellement dans l'émail.

Les résistances en fer ou en maillechort *f* sont réunies aux plots *e* sur lesquels frotte une manette *h* tournant autour de l'axe *c*, et laquelle à l'extrémité de sa course vient buter contre une rondelle de caoutchouc ou de cuir *k*.

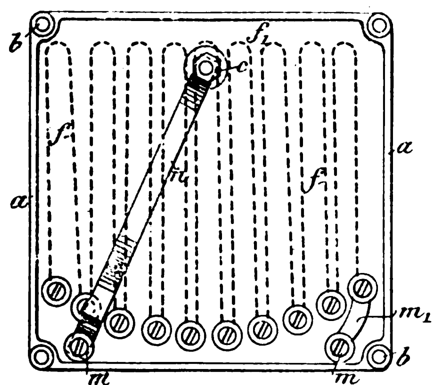


Fig. 23. — Vue en dessous d'une plaque de rhéostat Dixon.

La figure 23 représente une vue de la plaque du côté des résistances.

Les rhéostats de MM. Siemens et Halske [2] pour le démarrage de moteurs sont caractérisés par l'emploi de plots formés d'une partie métallique et d'une partie en charbon sur laquelle se fait la rupture, ce dernier corps donnant des étincelles plus courtes qu'avec des plots entièrement métalliques.

Dans l'appareil représenté sur les figures 24 et 25, les plots en charbon K sont enchâssés dans des supports métalliques terminés

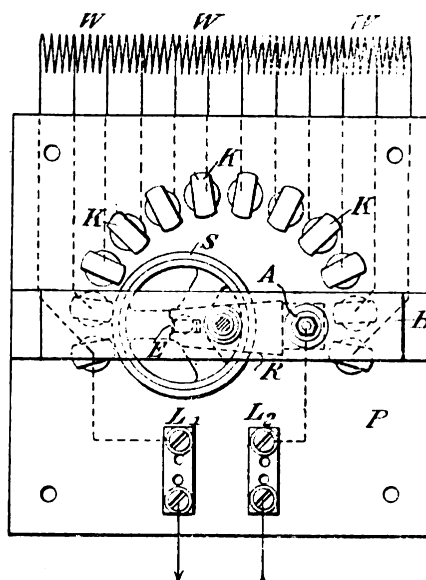


Fig. 24 et 25. — Rhéostat Siemens et Halske.

par une tige taraudée comme dans les rhéostats ordinaires et auxquels sont fixées les diverses résistances W. Sur la planchette P portant les plots est fixé un support en forme de pont B dans lequel s'engage l'une des extrémités Z_2 du pivot qui porte la manette. Celle-ci ne frotte pas directement sur les charbons, une sorte de chape R porte entre ses deux bras un axe fou N sur lequel est fixée une roulette métallique S qui peut rouler sur les contacts en charbon. Le courant est transmis à l'axe N par un ressort E qui s'appuie sur son extrémité et qui est fixé après un ressort en spirale C. L'autre extrémité de ce

[1] Voir *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, 1897, et *L'Éclairage Électrique*, t. X, p. 333, 17 février 1897, t. XVI, p. 239, 6 août 1898.

[2] Brevet anglais, n° 12 087, 7 figures. Déposé le 15 mai 1897, délivré le 19 mars 1898.

ressort aboutit à la tige de la borne A qui est reliée directement avec l'une des prises de courant L_2.

L'axe N est chassé vers les contacts à l'aide d'un ressort F, ce qui permet, grâce au jeu laissé dans les trous par lesquels passe l'axe N, d'obtenir un contact suffisant pour empêcher les charbons de rougir. On pourrait évidemment employer des plots entièrement métalliques et une roulette en charbon.

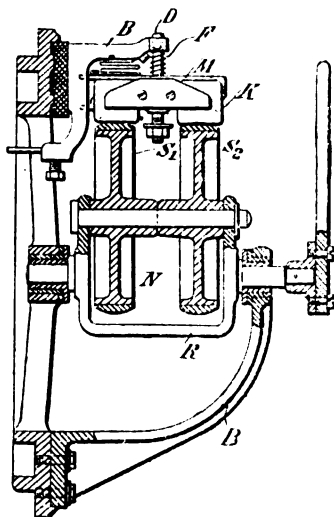


Fig. 26. — Rhéostat Siemens et Halske à double série de plots de contact.

Dans un second dispositif un peu plus compliqué (fig. 26), MM. Siemens et Halske

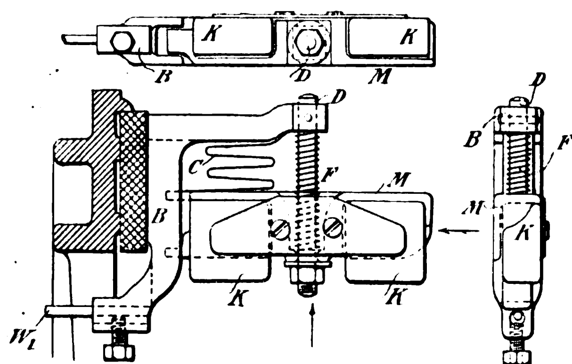


Fig. 27, 28 et 29. — Détails de construction du rhéostat Siemens et Halske à double série de plots.

emploient deux roulettes $S_1 S_2$ montées sur le même axe et deux séries de plots en charbon superposées. Les deux blocs de charbon situés l'un au-dessus de l'autre, comme le montrent avec plus de détails les figures 27, 28 et 29, sont serrés entre deux joues en cuivre et une plaquette M et l'ensemble peut coulisser dans une certaine mesure sur un boulon D. Un ressort F chasse les deux blocs vers l'intérieur et les force à prendre contact avec les roulettes lorsque celles-ci passent devant. La plaquette M est reliée par un conducteur souple C qui communique directement à la pièce B sur laquelle est fixé le fil de jonction avec la résistance.

Les rhéostats pour démarrage de moteur de M. J.-W. Gibbs portent avec eux le commutateur de mise en marche et sont munis d'un dispositif de sûreté qui empêche de couper le courant ou de le mettre, tant que la résistance entière du rhéostat n'est pas intercalée dans le circuit.

Sur la planchette B de l'appareil (fig. 30, 31 et 32) est monté un interrupteur bipolaire C d'un type ordinaire et qui porte en plus un ergot D, lequel vient s'engager lorsque le circuit est ouvert dans une sorte de gâche montée sur les bords d'une fente pratiquée dans un disque E qui porte le levier de contact J.

Dans cette position, le levier repose sur le premier plot K_1 d'une série de plots K entre lesquels sont branchées les résistances de démarrage. Si alors l'on vient à manœuvrer l'interrupteur en déplaçant la poignée H dans le sens indiqué par la flèche sur la figure 31, l'interrupteur ne pourra se fermer que si le levier J est sur le plot K_1 qui correspond au cas où toutes les résistances sont en circuit. L'interrupteur une fois fermé, l'ergot D se trouve au-dessous de la partie plane E_1 du disque E et le levier J peut être déplacé au fur et à mesure que la vitesse augmente jusqu'à ce qu'il arrive sur le plot K_2 où toutes les résistances sont mises hors circuit.

De même, l'ouverture du circuit ne pourra

([1]) Brevet anglais, n° 13 717, 3 figures. Déposé le 3 juin 1897, délivré le 19 mars 1898.

être faite que si l'ergot est libéré par le disque E_1, et par suite seulement lorsque toute la résistance aura été remise en circuit.

Pour empêcher que le levier de contact J ne soit déplacé trop rapidement, l'inventeur emploie un train d'engrenage analogue à celui utilisé dans les pendules pour réduire le déplacement de l'aiguille des heures. A cet effet, en agissant sur le bouton J_1, on entraîne les engrenages L qui communiquent à l'axe creux qui porte le disque E_1 une vitesse très réduite.

L'ensemble de la planchette B est recouvert d'une caisse A qui porte une seule ouverture Q pour l'inspection de l'appareil lorsqu'il n'est pas en service. Une sorte d'obturateur P porté par la poignée H de l'interrupteur vient boucher cette ouverture lorsque le circuit est fermé et s'engager dans une gâche R.

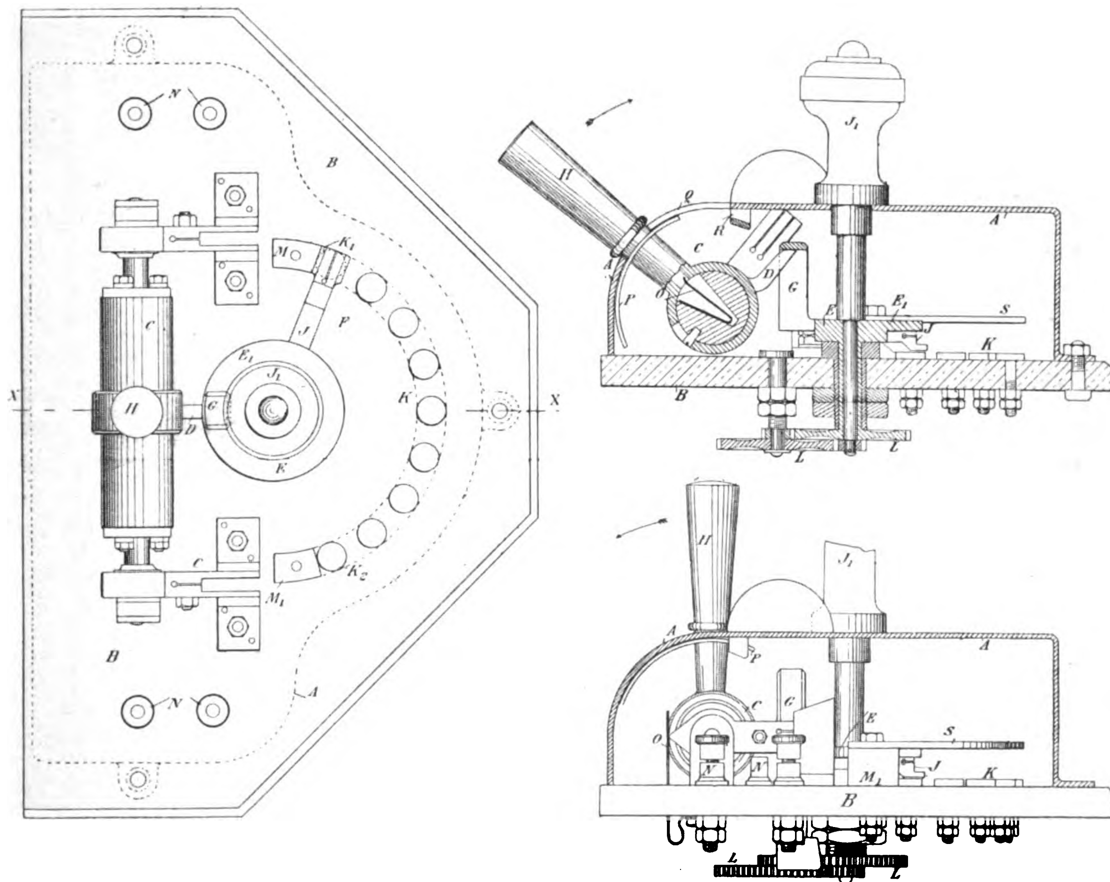


Fig. 30, 31 et 32. — Plan, coupe et vue de côté d'un rhéostat de démarrage Gibbs.

La planchette B porte quatre bornes N dont deux sont en communication avec la source et les deux autres avec le moteur. Des butées M_1 M_1 limitent exactement le déplacement du levier J ; enfin un secteur semi-circulaire S est disposé un peu au-dessous des plots K pour les protéger.

De même que M. Gibbs, M. F.-G. Robinson (1) se méfie de la vivacité de l'ouvrier ou de l'électricien pour mettre son moteur en vitesse, aussi emploie-t-il également un système d'engrenage pour réduire la vitesse de déplacement du bras de contact. De plus, comme pour l'arrêt, ou en cas d'accident, on

(1) Brevet anglais, n° 17266, 7 figures. Déposé le 22 juillet 1897, délivré le 18 juin 1898.

peut sans inconvénient, on doit même dans certains cas ([1]) ramener rapidement le levier de contact à sa position de départ; il est nécessaire de pouvoir libérer ce levier de son engrenage, et même de le ramener automatiquement à cette position. C'est ce qu'obtient facilement M. Robinson à l'aide d'électro-aimants (fig. 33 et 34).

Le levier de contact *a* est fixé sur une roue dentée *b*, laquelle engrène avec une seconde roue *c* qui est entraînée par un pignon *d* monté sur l'axe *e* portant le volant ou la manette de commande du rhéostat.

Les résistances *h* sont disposées toujours entre les plots *g*, et le levier de contact *a* frotte non seulement sur eux mais aussi sur

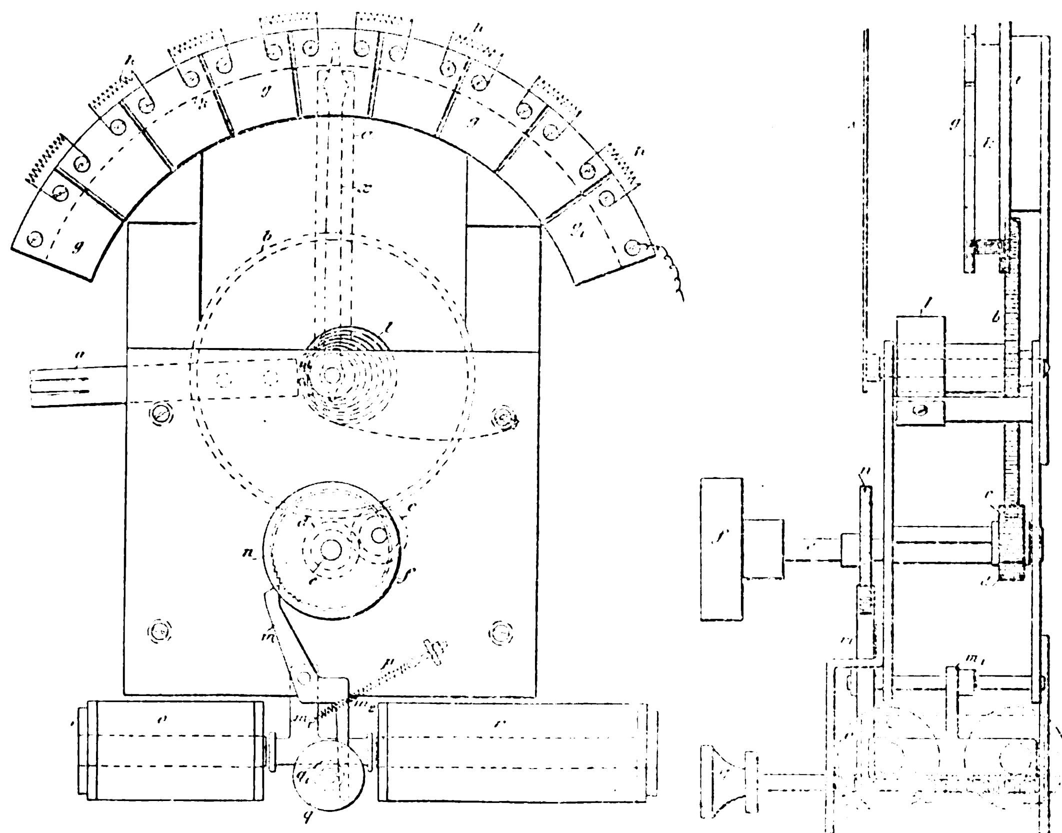


Fig 33 et 34. — Vue d'un rhéostat Robinson.

un secteur métallique *i* isolé des plots par un isolant quelconque K (fig. 35); les deux pôles de la source sont réunis l'un après ce secteur, l'autre à la première résistance. La mise en service se fait en tournant le volant *f* et graduellement par la suppression des résistances.

Pour pouvoir ramener rapidement le levier *a* à sa position de départ, un ressort en spirale *l* est fixé d'une part en un point de la roue *b* et d'autre part en un point de la planchette de l'appareil et se trouve tendu lorsque ce levier repose sur le dernier plot g_1. Le levier est maintenu dans cette position par un cliquet *m* dont l'extrémité s'engage dans une des dents d'une roue à rochet *n*.

Ce cliquet a son pivot fixé après l'armature d'un électro-aimant *o* placé en série avec les inducteurs du moteur. Cette armature est retenue dans son mouvement vers l'électro-aimant par un ressort *p*.

([1]) Voir *L'Éclairage Électrique*. Le dispositif de MM. Menges et Fischer-Hinnen dans notre article sur les « Machines dynamo électriques », t. XV, p. 93, 16 avril 1898.

Pour pouvoir libérer la roue à rochet et par suite le levier *a*, le cliquet a la forme

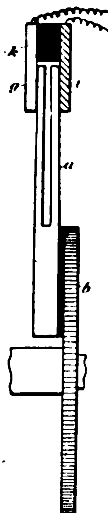


Fig. 35. — Coupe du levier de contact d'un rhéostat Robinson.

d'un Z articulé en son milieu, et son autre extrémité vient buter contre une vis *q* qui

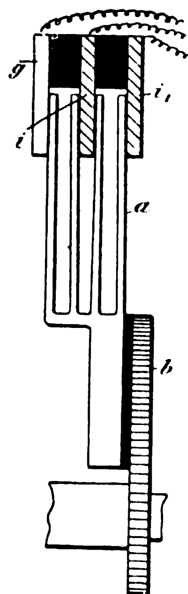


Fig. 36. — Coupe du levier de contact d'un rhéostat Robinson avec mise hors circuit à distance.

porte un petit cône. En enfonçant la vis *q*, le petit cône éloigne l'extrémité m_1 du cliquet de l'axe de cette vis et dégage l'extrémité *m* de la roue à rochet.

L'arrêt du moteur peut également s'effectuer à distance par l'emploi d'un second électro-aimant *r* qui au moment où il est mis en service attire l'armature pour l'éloigner de l'électro-aimant *o*, agissant ainsi dans le même sens que le ressort *p* pour dégager l'extrémité *m* de la roue à rochet.

Lorsqu'on emploie ce dernier dispositif

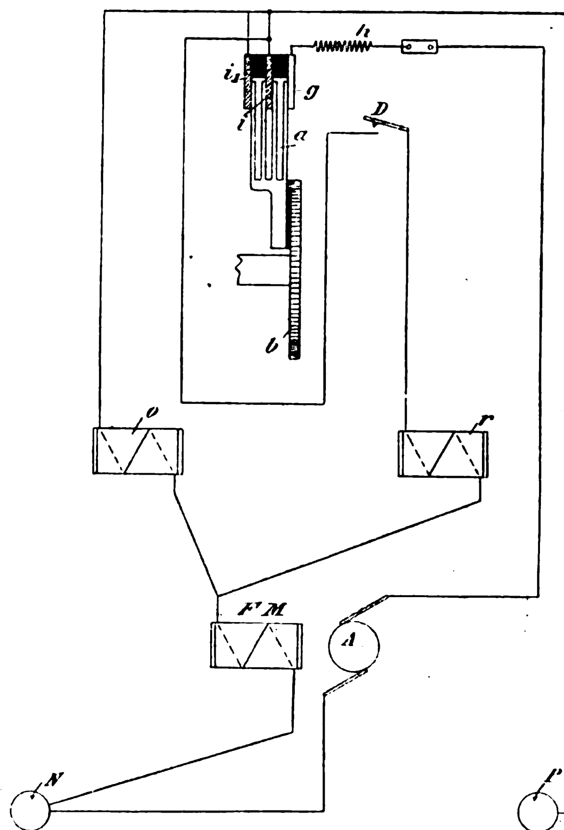


Fig. 37. — Schéma des connexions d'un rhéostat Robinson avec électro-aimants pour la mise hors service à distance.

l'inventeur croit nécessaire de dédoubler le levier *a* comme le montre la figure 36, l'une de ses parties frottant sur les plots *g* et sur un premier secteur *i* et l'autre sur ce secteur et sur un second *i*.

Les connexions à établir dans ce sens sont représentées sur la figure 37. Le circuit d'excitation est pris entre la borne N de la ligne et le secteur *i*, celui de l'électro-aimant *r* est connecté en dérivation sur celui de l'électro *o*

...

et est fermé au moment de l'arrêt par le petit commutateur D qui peut être placé en un endroit quelconque à la portée du mécanicien. C.-F. Guilbert.

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ ALLEMANDE D'ÉLECTROCHIMIE

CONGRÈS DE LEIPZIG [1]

MÉTHODE SIMPLE POUR DÉTERMINER LA POLARISATION

Tel est le titre d'une communication *préliminaire* du professeur Heim, de Hannover.

Lorsqu'une cellule électrolytique à anode insoluble est traversée par un courant d'intensité i, la différence de potentiel p_1 aux électrodes est la somme algébrique de la force électromotrice e de polarisation pour la densité de courant donnée et de la chute de potentiel $i\ r$ due à la résistance r de l'électrolyte :

$$p_1 = e + ir.$$

Supposons qu'entre les deux électrodes on en intercale une troisième, faite d'une matière insoluble et fermant complètement la cuve électrolytique, c'est-à-dire la partageant en deux compartiments qui, pris séparément, seraient étanches tous deux ; le courant sera obligé de traverser cette électrode dont l'une des faces deviendra cathode et l'autre anode. La nouvelle résistance introduite par l'électrode sera, dans la majorité des cas, négligeable vis-à-vis celle de l'électrolyte, si bien que la résistance sera encore r. Par contre il se produira à la nouvelle électrode une chute de potentiel due à la polarisation, et si l'on rétablit l'intensité primitive i, la surface immergée des électrodes étant aussi la même, la polarisation à l'électrode centrale sera précisément égale à e.

Appelons p_2 la différence de potentiel entre les électrodes extrêmes, on aura :

$$p_2 = 2e + ir$$

c'est-à-dire

$$e = p_2 - p_1.$$

La difficulté consiste à réaliser une fermeture parfaite avec la troisième électrode. Il faut évidemment, pour que les opérations ne soient pas trop longues, qu'on puisse introduire et retirer à volonté la cloison du milieu.

Le premier appareil construit par l'auteur était composé de plaques d'ébonite de 5 mm d'épaisseur, vissées l'une contre l'autre, après qu'on les eut préalablement bordées avec une bande de caoutchouc; l'espace intérieur avait 66 mm de long, 50 mm de large et 110 mm de haut. Les électrodes extérieures, en platine, étaient engagées à 60 mm de distance l'une de l'autre. Au milieu, aussi bien dans les parois que dans le fond de la cuve, était pratiquée une rainure de 0,5 mm de profondeur, recouverte de caoutchouc mou et destinée à recevoir la troisième électrode. Cette électrode (ainsi que l'anode extérieure) était formée par une lame de platine de 0,1 mm d'épaisseur, égal par conséquent à 1/600 de la distance entre les électrodes extrêmes ; la résistance totale n'était donc diminuée que de 1/300, et il fut inutile d'effectuer la correction r. Malheureusement, le caoutchouc durcit au bout d'un petit nombre d'essais et la cloison centrale cessa d'être étanche.

Renonçant provisoirement à construire un appareil imperméable, l'auteur se borna à porter l'épaisseur des parois d'ébonite à 10 mm et à pratiquer au milieu une rainure profonde de 8 mm et de 0,20 à 0,25 de large, dans laquelle il se contenta d'engager l'électrode

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 93 et 504. et t. XVII, p. 105 et 237.

centrale. Une faible partie du courant pouvait ainsi passer à travers le liquide en contournant les bords de l'électrode. Une discussion fait voir que l'erreur résultante peut être négligée tant que la conductibilité spécifique de l'électrolyte n'est pas trop grande, et que pour des densités de courant de 0,06 ampère par dm^2, la polarisation est inférieure à 2,5 volts; cette erreur est d'ailleurs d'autant plus petite que le courant est plus fort et la polarisation plus faible.

La température doit être maintenue aussi invariable que possible; pendant les expériences, l'appareil était plongé dans un bain d'eau de 5 litres; les variations ne dépassaient pas un demi-degré.

Le vase était rempli jusqu'à 10 mm du bord, la surface efficace des électrodes était ainsi de 0,5 dm^2; une simple multiplication par 2 donnait la densité du courant par dm^2.

Quatre accumulateurs servaient de source d'électricité. Le circuit était fermé pendant les expériences par un fil de nickeline de 8 m de long et 1 mm de diamètre que l'on avait divisé en 20 parties tendues en zigzag sur une planche. L'extrémité de chaque division était munie d'une prise de courant; un contact mobile pouvait glisser sur le dernier segment tendu en ligne droite. Cette disposition permettait de prendre facilement des tensions quelconques et de les modifier à volonté.

On mesurait l'intensité avec un ampèremètre de précision de Siemens et Halske, et les différences de potentiel à l'aide d'un appareil à compensation, par comparaison avec un élément normal de Clarke.

On commence par faire une mesure avec deux électrodes, puis on introduit la troisième, on rétablit la même intensité (densité) de courant et on procède de nouveau à la mesure du voltage. On augmente à présent l'intensité du courant et on la maintient invariable jusqu'à ce que la nouvelle polarisation ait atteint une valeur suffisamment constante (ce qui exige une demi-heure et plus); après avoir effectué la mesure du voltage, on retire l'électrode centrale, on rétablit l'intensité et on refait une nouvelle détermination, etc., etc.

Voici quelques résultats :

I. Solution de sulfate de cuivre du commerce, acidulée (environ 16 p. 100 de sel anhydre).

Électrode centrale fixée avec du caoutchouc mou.

Densité de courant		0,030	0,060	0,120	0,200	0,300 amp. par dm^2
Tensions	3 électrodes	3,240	3,360	3,528	3,721	3,928 volts
	2 électrodes	1,649	1,732	1,860	2,026	2,211 »
Différence		1,591	1,628	1,668	1,695	1,717 volts

La température oscilla de 14°,7 à 14°,95.

II. Sulfate de cuivre pur; solution normale additionnée de 1 p. 100 (en volume) d'acide sulfurique. Vase à rainure profonde pour l'électrode centrale.

Densité de courant		0,015	0,030	0,060	0,120	0,200	0,400 amp. par dm^2
Tensions	3 électrodes	3,149	3,234	3,378	3,492	3,634	3,870 volts
	2 électrodes	1,635	1,683	1,744	1,822	1,906	2,084 »
Différence		1,514	1,551	1,634	1,670	1,728	1,786 volts
Température		15°,5		15°,5		15°,6	15°,6

III. Azotate d'argent pur; solution normale additionnée de 0,5 p. 100 (en volume) d'acide azotique concentré. Les surfaces cathodiques avaient d'abord été argentées au bain de cyanure, de manière à rendre le précipité plus régulier et à éviter la formation d'arborescences. Vase à rainure profonde.

Densité de courant		0,015	0,030	0,060	0,120	0,200	0,400 amp. par dm²
Tensions	3 électrodes	1,790	1,819	1,854	1,911	1,977	2,123 volts
	2 électrodes	0,902	0,922	0,951	1,003	1,051	1,188 »
Différence		0,888	0,897	0,903	0,908	0,926	0,935 volts
Température		15°,3		15°	15°,1		15°,5

Il est facile de se rendre compte de l'importance des fuites autour de l'électrode centrale ; s'il n'y en a pas, la formule

$$r = \frac{2p_1 - p_2}{i},$$

ou plus simplement

$$r = \frac{p_1 - e}{i}$$

doit donner, à température constante, sensiblement la même résistance pour l'électrolyte, quelle que soit la valeur de i.

Dans la première expérience au sulfate de cuivre, où le caoutchouc mou assurait l'imperméabilité, on trouva :

Densité de courant :	0,030	0,600	0,120	0,200	0,300	amp. par dm²
Résistance	3,86	3,47	3,20	3,31	3,29	ohms ([1])

Ces nombres peuvent être considérés comme égaux, surtout si l'on considère que pour de faibles intensités e ne diffère pas beaucoup de p_1 et que pour une densité de 0,030 par exemple, on peut facilement commettre sur la valeur de r une erreur de 30 p. 100.

Dans les essais tentés avec la seconde électrode (simplement glissée dans les rainures), les différences atteignent naturellement des valeurs considérables.

L'erreur peut même se mesurer exactement par la méthode voltamétrique, en pesant la cathode extérieure ainsi que l'électrode du milieu.

Plus les fuites seront grandes et plus la différence de poids s'accentuera en faveur de l'électrode extérieure. Par exemple :

I. Avec le sulfate de cuivre.

Densité du courant : 0,020 ampère par dm². — Durée de l'expérience : 24 heures.

Cuivre déposé :

Sur la cathode extérieure	199,8 mg
Sur l'électrode centrale	177,3 »
Différence	22,5 mg

Soit : 11,3 p. 100.

Densité du courant : 0,250 ampère par dm². — Durée de l'expérience : 45 minutes.

Cuivre déposé :

Sur la cathode extérieure	109,9 mg
Sur l'électrode centrale	108,4 »
Différence	1,5 mg

Soit : 1,36 p. 100.

II. Avec l'azotate d'argent.

Densité du courant : 0,020 ampère par dm². — Durée de l'expérience : 19 heures 22 minutes.

Argent déposé :

Sur la cathode extérieure	784 mg
Sur l'électrode centrale	704 »
Différence	80 mg

Soit : 10,2 p. 100.

Ainsi, la portion de courant qui contourne l'électrode centrale, au lieu de la traverser, varie de 1/10 environ du courant total pour une densité de 0,02 ampère par dm², jusqu'à 1/50 du courant total pour une densité décuple.

L'expérience suivante montre d'une façon éclatante l'influence des fuites sur le voltage. Les mesures I ont été faites avec l'électrode centrale engagée dans les diverses rainures ; lors des mesures II, le bord inférieur de cette électrode était à 1 mm du fond de la cuve électrolytique.

Densité de courant : 0,020 ampère par dm².

	I	II
3 électrodes	3,113	1,677 volts
2 électrodes	1,573	1,573 »
Différence	1,540	0,104 volts

Densité de courant : 0,300 ampères par dm².

([1]) En négligeant le premier nombre, on calcule pour la conductibilité spécifique de l'électrolyte $\frac{6}{3,32 \times 50} = 0,036$ (inverse d'ohm). (*Réd.*)

	I	II
3 électrodes. . .	3,678	3,360 volts
2 électrodes. . .	1,946	1,946 »
Différence. . . .	1,732	1,414 volts

L'auteur, tout en se proposant d'apporter à son appareil de nouveaux perfectionnements, fait observer que, tel qu'il est à présent, il permet de mesurer avec une exactitude suffisante la polarisation déterminée par des densités de courant supérieures à 0,06 ampère par dm², dans des liquides de conductibilité médiocre, tels que les acides, etc.

Si l'on porte alors en abscisses les densités de courant, et en ordonnées les polarisations on peut, en prolongeant la courbe jusqu'à l'abscisse zéro, fixer assez exactement le point de décomposition.

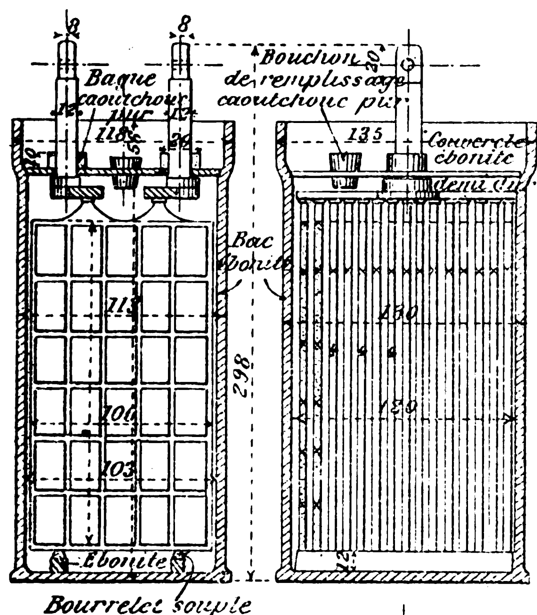
(*A suivre.*)

P. Th. Muller.

ACCUMULATEURS POUR AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES

ACCUMULATEURS FULMEN

Les véhicules ayant pris part au Concours des voitures de place automobiles étaient tous munis d'accumulateurs Fulmen, de types spécialement étudiés et construits pour la traction électrique sur route.



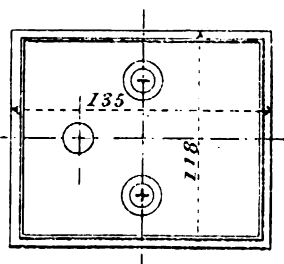


Fig. 1, 2 et 3. Coupes verticales et plan de l'accumulateur Fulmen B_{15}, avec bac d'ébonite à rebords.

Ces accumulateurs, désignés par le symbole B_n, *n* étant un nombre entier impair indiquant le nombre de plaques d'un type particulier, sont caractérisés par leur grande puissance spécifique (watts fournis à la décharge normale par kilogramme de poids total) et leur grande énergie spécifique (watts-heure fournis pendant une décharge normale par kilogramme de poids total), deux qualités que doivent posséder les accumulateurs de traction sur route afin de permettre de réduire le plus possible le poids des batteries.

Les divers types de la série ne diffèrent les uns des autres que par les nombres de plaques; les dimensions et poids des plaques, récipients, etc., des quatre types B_{13}, B_{15}, B_{17} et B_{21} employés sur les voitures ayant pris part au Concours sont donnés dans le tableau I; leur mode de construction est indiqué par les figures 1 à 3 [1].

[1] Le modèle représenté par ces figures est à bac en ébonite. Les accumulateurs employés au concours de fiacres étaient à bac en celluloïd, mais on sait que la facilité avec laquelle cette substance se carbonise et même s'enflamme lorsqu'une connexion vient à fondre l'a fait proscrire. La Société Fulmen l'a remplacée par l'ébonite; il en résulte une légère augmentation du poids des accumulateurs et, pour cette raison, les nombres des trois dernières lignes du tableau I

TABLEAU I. — *Accumulateurs Fulmen, série B.*

		TYPES			
		B_{13}	B_{15}	B_{17}	B_{21}
Nombre	de plaques B	13	15	17	21
	de plaques positives	6	7	8	10
Récipient (Encombrement.)	Longueur extérieure . . . cm.	12	13.5	15	18
	Largeur extérieure . . . »	11,3	11,3	11,3	11,3
	Hauteur extérieure . . . »	29	29	29	29
Plaques	Largeur . . . »	10	10	10	10
	Hauteur . . . »	18	18	18	18
	Surface (2 faces) . . . dcm².	3,6	3,6	3.6	3,6
	Surface positive totale d'un élément . . . »	21,6	25,2	28,8	36
Poids	Plaques d'un élément . . . kg.	5 600	6 450	7 300	9 000
	Plaques, liquide, récipient, d'un élément . . . »	8 000	9 200	10 100	12 800
	Plaques, liquide, récipient (44 éléments) . . . »	352	404,8	457.6	563,2

Les cadres sont formés par deux grillages en plomb, antimoine fondu, à mailles rectangulaires; les contours de celles-ci sont constitués par des barreaux à section triangulaire, de manière à obtenir, lorsque les deux grillages sont convenablement appliqués l'un contre l'autre, des alvéoles à section en queue d'hironde; dans ces alvéoles, au nombre de vingt-quatre par plaque est logée la matière active.

Le poids de celle-ci est considérable par rapport au poids total. Dans des essais faits par M. Hospitalier au laboratoire de l'Ecole de physique et de chimie sur des plaques du type B_{13}, on a trouvé des poids respectifs suivants de grillage et de matière active, les pesées étant faites sur des plaques humides dont on avait enlevé l'attache :

	Plaque +	Plaque —
Grillage	135 gr	135 gr
Matière active	340 »	255 »
Poids total	475 »	390 »

La décharge de ces accumulateurs doit s'effectuer normalement en cinq heures, ce qui correspond à une densité de courant de 1 ampère par décimètre carré de surface totale des plaques positives, ou de 4 ampères par kilogramme d'électrodes; le tableau II donne les constantes spécifiques des divers types utilisés sur les véhicules du concours, le régime de décharge étant supposé normal.

Mais la décharge peut, sans trop d'inconvénients, s'effectuer à un régime beaucoup plus intense, et en fait, pendant les essais du Concours de fiacres on a souvent relevé des débits quatre fois plus grands que le débit normal.

Nécessairement, cette augmentation du débit, et par conséquent de la puissance spécifique, ne s'obtient qu'aux dépens de la capacité et de l'énergie spécifiques. Ainsi si l'on double le débit, l'énergie spécifique tombe à 20 watts-heure par kilogramme de poids total (au lieu de 25) et pour obtenir 1 kilowatt-heure à ce régime, il faut 50 kg d'accumulateurs (au lieu de 40).

Au contraire, si on réduit de moitié le débit, l'énergie spécifique augmente et atteint 30 watts-heure par kilogramme; il ne faut

doivent subir une majoration d'environ 3 p. 100 pour se rapporter aux nouveaux modèles.

plus alors que 33 kgr environ d'accumulateurs par kilowatt-heure.

Les diagrammes suivants, construits d'après les relevés faits pendant les essais du

Tableau II. — *Constantes spécifiques des accumulateurs Fulmen B, au régime de décharge en 5 heures.*

		TYPES			
		B_{13}	B_{15}	B_{17}	B_{21}
Débit normal en ampères	Par décimètre carré de surface positive	1	1	1	1
	Par plaque positive	3,6	3,6	3,6	3,6
	Par kilogramme d'élément	2,7	2,7	2,7	2,7
	Par élément	21,6	25,2	28,8	36
Force électromotrice par élément, en volts		1,9	1,9	1,9	1,9
Puissance normale en watts	par kg de plaque	7,2	7,2	7,2	7,2
	par kg d'élément	5,1	5,1	5,1	5,1
	par élément	41	47	54	68
	pour 44 éléments	1 804	2 068	2 376	2 992
Capacité en ampères-heure	par kg de plaque	18.5	18 5	18,5	18,5
	par kg d'élément	13	13	13	13
	par élément	104	116,6	134,2	166,4
Énergie en watts-heure	par kg de plaque	36	36	36	36
	par kg d'élément	25	25	25	25
	par élément	200	230	260	3
	pour 44 éléments	8 800	10 120	11 144	14 080
Énergie en chevaux-vapeur-heure	pour 44 éléments	11,95	13,75	15,14	19,13
Poids par kilo-watt	en plaques	140	140	140	140
	en éléments	200	200	200	200
Poids par kilo-watt-heure	en plaques	28	28	28	28
	en éléments	40	40	40	40
Poids par cheval vapeur-heure	en plaques	20,6	20,6	20,6	20,6
	en éléments	29,4	29,4	29,4	29,4

Concours de fiacres, indiqueront, mieux que toute autre considération, l'amplitude considérable des variations de débit que l'on peut obtenir avec ces accumulateurs.

Les diagrammes des figures 4 et 5 se rapportent au coupé Jenatzy (n° 13). Le poids total du véhicule était de 1 800 kg; il portait une batterie de 44 éléments du type B_{21} pesant environ 563 kgr. Au régime normal de décharge en cinq heures le débit eût été de 36 ampères environ; ce débit a été en moyenne de 25,8 ampères [1], mais on voit par les diagrammes que le débit normal a été souvent dépassé et qu'il a atteint jusqu'à 100 ampères pour des démarrages et des courtes rampes.

La figure 6 donne le diagramme des accumulateurs du coupé à galerie Kriéger (n° 16). Le poids total du véhicule était de 1 770 kgr;

(1) Le débit moyen a été calculé comme il suit par la commission du concours : La fourniture d'énergie faite à l'usine à la fin du parcours ayant été de 13 180 watts-heure, l'énergie fournie au moteur par la batterie était, en admettant que le rendement en énergie est 0,75, de 9 885 watts-heure; la décharge ayant duré 4 heures 20 minutes, la puissance moyenne est de 2 283 watts; en divisant ce nombre par la différence de potentiel moyenne, 88 volts, on a le débit moyen, 25,8 ampères.

sa batterie d'accumulateurs se composait de 44 éléments type B_{17} pesant 458 kgr environ. Le débit normal était de 28 ampères, le débit moyen de 21 ampères ; le débit réel s'est sou-

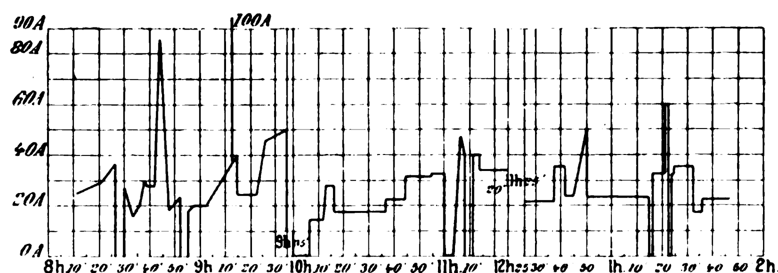


Fig. 4. — Diagramme de décharge des accumulateurs (44 éléments B_{21}) du coupé Jenatzy (n° 13).

Itinéraire A :	Départ de Levallois à	8 h. 11	1 h. 24
Halte	Arrivée	9 » 35	
	Départ	10 » —	1 » 26
Déjeuner	Arrivée	11 » 26	
	Depart	12 » 25	1 » 22
	Arrivée à Levallois	1 » 47	
			4 h. 12

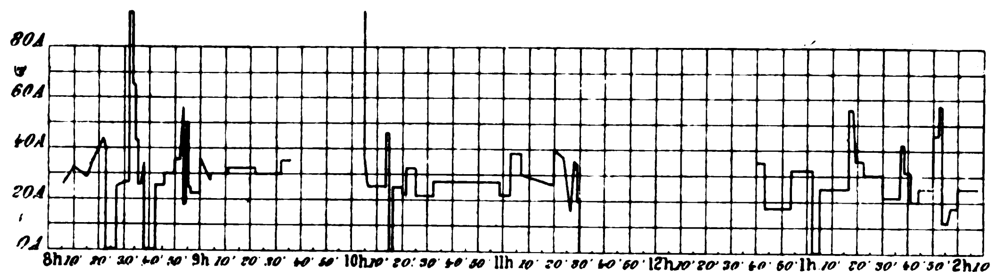


Fig. 5. — Diagramme de décharge des accumulateurs (44 éléments B_{21}) du coupé Jenatzy (n° 13).

Itinéraire B :	Départ de Levallois à	8 h. 7	1 h. 28
Halte	Arrivee	9 » 35	
	Départ	10 » 5	1 » 25
Déjeuner	Arrivée	11 » 30	
	Départ	12 » 40	1 » 27
	Arrivée à Levallois	2 » 7	
			4 h. 20

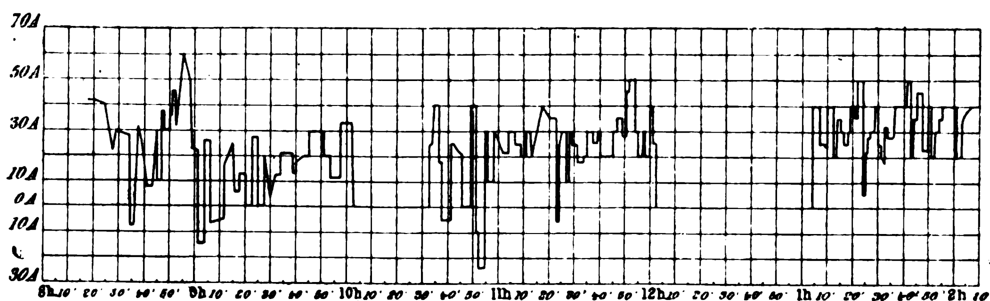


Fig. 6. — Diagramme de décharge des accumulateurs (44 éléments B_{17}) du coupé à galerie Kriéger (n° 16).

Itinéraire C :	Départ de Levallois à	8 h. 18	1 h. 43
Halte	Arrivee	10 » 3	
	Départ	10 » 33	1 » 25
Déjeuner	Arrivée	12 » 2	
	Départ	1 » 4	1 » 5
	Arrivée à Levallois	2 » 9	
			4 h. 17

vent élevé à 40 ampères et a même atteint 60 ampères (l'itinéraire C auquel se rapporte le diagramme comprenait la montée de la butte Montmartre) ; on remarquera, en outre

que la récupération a été effectuée sur quelques pentes et que dans un cas l'intensité du courant de charge a atteint 25 ampères.

Le diagramme de décharge du drojski Jeantaud (n° 26) pour l'itinéraire B est donné en figure 7. La voiture pesait 1 090 kgr; elle portait 44 éléments du type B_{13} pesant environ 352 kgr. Le débit normal de la batterie

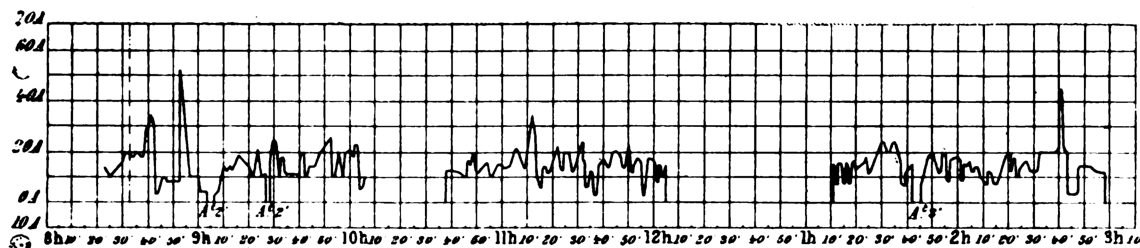


Fig 7. — Diagramme de décharge des accumulateurs (44 éléments B_{13}) du drojski Jeantaud (n° 26).

Itinéraire D : Départ de Levallois à		8 h. 23	1 h. 44
Halte	Arrivée	10 » 7	
	Départ	10 » 38	1 » 26
Déjeuner	Arrivée	12 » 4	
	Départ	1 » 11	1 » 48
Arrivée à Levallois		4 » 59	
			4 h. 58

était de 17 ampères; son débit moyen de 14,6 ampères; le débit réel a bien souvent dépassé 20 ampères et s'est élevé jusqu'à 52 ampères.

On voit par ces diagrammes que l'élasticité du débit est considérable et que dans le calcul du poids d'accumulateurs qu'il convient de prendre pour actionner une voiture automobile il n'est pas indispensable de tenir compte de la puissance maxima nécessaire à certains moments : il suffit de considérer la puissance moyenne multipliée par un facteur qui, d'après les résultats du Concours, paraît être 1,33.

Quant à la charge de ces accumulateurs il est préférable de l'effectuer à potentiel constant. La charge d'une batterie de 44 éléments chargée sous une différence de potentiel de 110 volts dure 7 heures environ ; au début de la charge, la densité de courant est de 1,3 ampère par décimètre carré de surface totale de plaques positives ; vers la fin, cette densité n'est que de 0,5 ampère.

J. Reyval.

LE TRAMWAY ÉLECTRIQUE DE LA LIGNE BASTILLE-CHARENTON

Mardi dernier a eu lieu, ainsi que nous l'annoncions dans le dernier *Supplément* de ce journal, l'inauguration de la traction électrique sur la ligne de tramways Bastille-Charenton de la Compagnie parisienne de tramways.

Sur la plus grande partie de sa longueur cette ligne est exploitée par trôlet aérien; à la traversée de la place Daumesnil, dans la rue de Lyon et sur la place de la Bastille le courant est amené aux moteurs des voitures par une prise de courant souterraine.

L'adoption du système mixte, à trôlet aérien et à trôlet souterrain, autorisée *à titre provisoire* par le Conseil municipal et par le Conseil général, dans leurs séances des 18 novembre, 7 décembre 1896 et 1er décembre 1897 a principalement pour but de fournir les données nécessaires pour répondre à deux questions jusqu'ici fort controversées : le trôlet aérien peut-il être employé, dans certaines voies de la capitale, sans nuire à l'esthétique? Le caniveau souterrain pourra-t-il résister aux nombreuses causes de détérioration que

crée une circulation active ? Le temps se chargera d'élucider la dernière question. Quant à la première, nous croyons que l'on peut dès maintenant y répondre par l'affirmative et que le trôlet aérien, après avoir été longtemps banni de Paris, ne tardera pas à conquérir la région périphérique limitée intérieurement par la ligne des anciens boulevards extérieurs.

Outre ces deux innovations capitales, la nouvelle ligne parisienne en présente trois autres. L'une, d'ordre technique, est l'adoption de rails soudés par le procédé Falk ; les deux autres, relatives à l'exploitation, sont le remplacement des lourds véhicules à impériale, se succédant à intervalles éloignés, par des voitures légères sans impériale se succédant rapidement, et la substitution du tarif réduit de 20 et 10 centimes au tarif actuel de 30 et 20 centimes.

La ligne Bastille-Charenton constitue donc un véritable champ d'expériences. Aussi ne saurait-on trop approuver la Compagnie parisienne des tramways, concessionnaire de la ligne, et la Compagnie Thomson-Houston, qui a fait l'installation, de n'avoir pas hésité à entreprendre cet essai des plus intéressants pour l'avenir de la traction électrique dans Paris.

Description générale de l'installation

Usine. — L'usine génératrice est située à Saint-Mandé, à peu de distance des fortifications, rue des Epinettes, près de l'intersection de cette rue avec l'avenue Daumesnil.

Trois génératrices à courant continu de 150 kilowatts, du type ordinaire de la Compagnie Thomson-Houston, sont installées dans cette usine ; la tension du courant qu'elles fournissent est de 550 volts.

Elles sont accouplées par courroies à trois machines monocylindriques Farcot, donnant normalement sans condensation 220 chevaux effectifs mais pouvant supporter, sans inconvénient, des surcharges momentanées de 130 chevaux. Actuellement ces machines marchent sans condensation ; toutefois toutes les dispositions sont prises pour que l'adjonction des condenseurs puisse être faite dès qu'on le jugera convenable.

La vapeur est fournie à ces machines par une batterie de trois générateurs Meunier de 220 m² de surface de chauffe. Le tirage des foyers est produit artificiellement au moyen d'appareils système Prat, ce qui a permis de restreindre la hauteur de l'usine à 17 mètres, tout en assurant une diminution des fumées et une augmentation d'au moins 20 p. 100 de la puissance de production de vapeur.

Une batterie d'accumulateurs de 250 éléments et d'une capacité de 350 ampères-heure, fournie par la Société pour le travail électrique des métaux, sert non seulement de volant mais encore à l'alimentation de la partie souterraine du réseau et à l'éclairage après la cessation du service de traction. Le circuit de la partie souterraine du réseau comprenant deux conducteurs isolés ne pouvait être en effet relié au circuit de la partie aérienne, le retour de ce dernier étant constitué par les rails de roulement, et, par suite, l'emploi d'une source d'énergie électrique distincte s'imposait pour l'alimentation de la partie souterraine.

Au lieu d'employer une dynamo de puissance appropriée, on a préféré employer des accumulateurs qui peuvent être chargés en quelques heures par l'une des dynamos de 150 kilowatts, marchant à pleine charge et par conséquent avec un très bon rendement.

Pour permettre la charge de cette batterie les dynamos sont munies d'un dispositif mettant leur enroulement série en court circuit et les transformant ainsi en machines shunt ; ce dispositif est commandé par un commutateur placé sur le tableau de distribution.

Ce tableau comporte sept panneaux. Trois sont affectés aux dynamos ; ils portent chacun un interrupteur, un voltmètre, un ampèremètre et le commutateur dont il vient d'être question. Des quatre autres panneaux un est affecté à la ligne aérienne, un autre au caniveau, un est destiné au circuit d'éclairage, le dernier à

la batterie. Chacun de ces panneaux comporte un compteur destiné à mesurer soit la quantité d'énergie fournie par chaque machine, soit celle consommée par chacun des réseaux

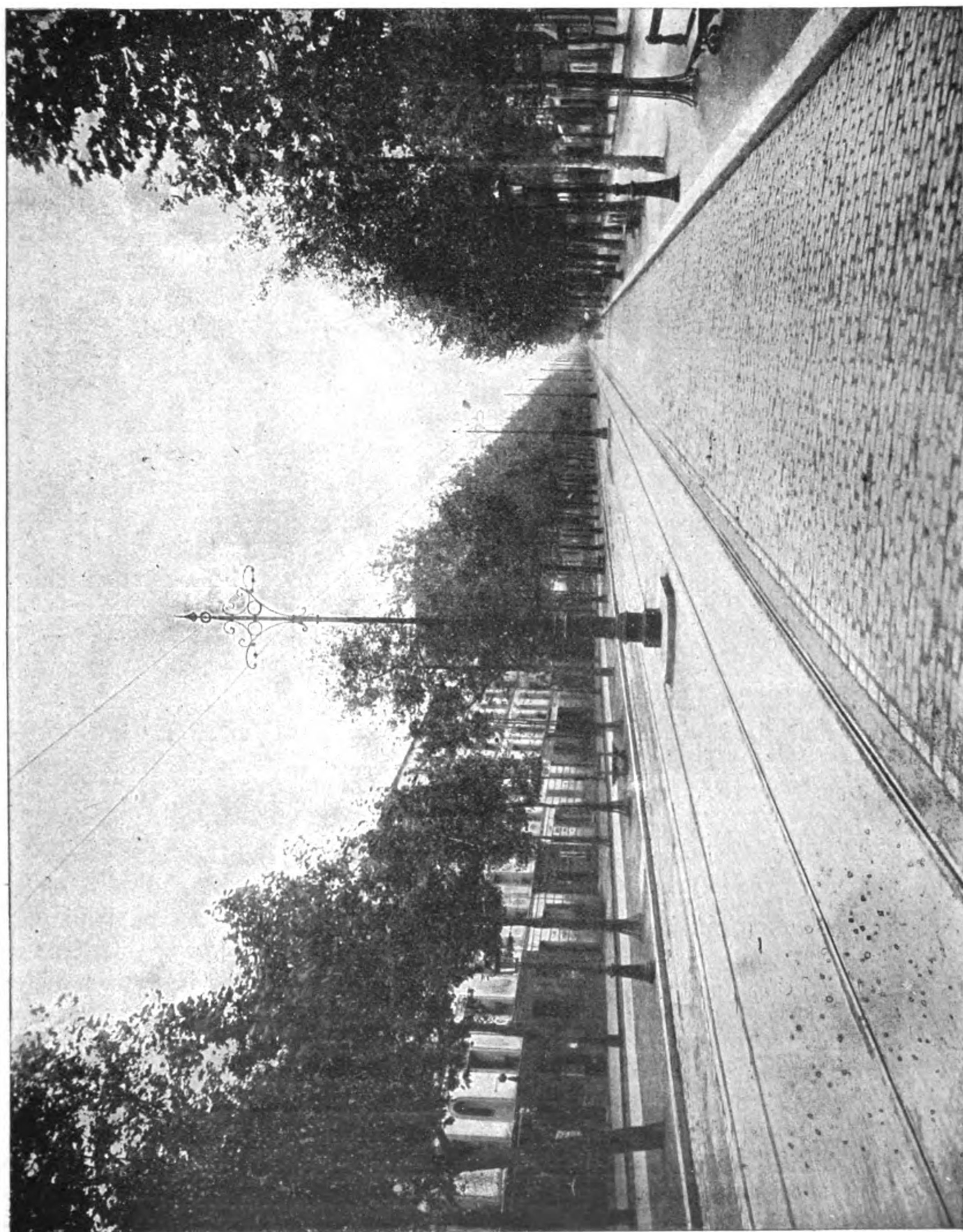


Fig. 1. — Vue de l'installation aérienne de l'avenue Daumesnil.

aérien, souterrain et d'éclairage. Exceptionnellement le panneau affecté à la batterie est doté de deux compteurs, l'un destiné à la mesure de l'énergie fournie à la batterie, l'autre à celle de l'énergie restituée.

A côté du grand tableau est installé un

petit tableau destiné aux expériences de contrôle, isolement, résistance des voies, chutes de potentiel sur les rails, etc.

A l'usine génératrice sont annexés le dépôt des voitures et un atelier de réparations. Dans l'atelier se trouve un moteur électrique actionnant une transmission faisant mouvoir trois tours, une perceuse et un soufflet de forge.

Voie. — La longueur totale de la ligne est de 6 150 m, dont 2 630 m en dehors des fortifications et 3 520 m à l'intérieur de Paris; sur cette dernière portion, 870 m sont en caniveau. Sur tout le parcours la voie est double.

Les rails sont des rails Broca pesant 44 kg par mètre courant. La liaison électrique des rails est obtenue par le joint Falk [1], lequel procure en même temps une douceur de roulement remarquable et diminue de beaucoup l'entretien des voies. En cas de rupture d'un certain nombre de joints, la continuité du circuit de retour est assurée par des connexions transversales.

La partie aérienne de l'installation a été particulièrement soignée dans le but d'arriver à un aspect susceptible de satisfaire les plus difficiles. Les fils transversaux ont été évités d'une manière absolue. Les poteaux, placés dans l'entrevoie, au centre de petits refuges, sont d'un modèle des plus élégants (fig. 1); ils comportent, outre deux bras transversaux supportant les fils de trôlet, deux consoles placées parallèlement à la voie et destinées à recevoir à 5,50 m du sol deux lampes à arc enfermé du système Thomson-Houston, reliées en tension par groupes de cinq sur un circuit spécial à 550 volts alimenté par les mêmes unités génératrices que le circuit de traction. En dehors de Paris, les poteaux ont été reportés sur le côté de la voie; ils sont alors munis d'une console transversale où sont attachés les deux fils de trôlet.

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. III, p. 175, 25 avril 1895; t. XII, p. 119, 10 juillet 1897.

Qant aux parties en caniveau, place Daumesnil, rue de Lyon et place de la Bastille, elles ont été également l'objet de précautions spéciales pour arriver au maximum de solidité et aux meilleures conditions de fonctionnement. Pour ne pas couper cette description générale par de trop longs développements sur cette partie de l'installation, nous donnons ceux-ci plus loin.

Les relations du tableau de distribution avec le circuit de traction, tant aérien que souterrain, et avec les circuits d'éclairage, sont assurées par un ensemble comportant au total, dans l'état actuel, six câbles seulement.

Deux de ces câbles, de 300 mm² de section, vont de l'usine au point de raccordement des voies et de la ligne de service du dépôt; ils servent, l'un pour l'alimentation de la ligne aérienne, l'autre pour le retour du courant des rails. Pour permettre l'alimentation des voitures sur le tronçon de la ligne aérienne compris entre la place Daumesnil et la rue de Lyon, un câble souterrain de 125 mm² réunit les fils de trôlet de cette section à ceux de la précédente.

Deux autres câbles, de 125 mm² de section sont destinés à l'alimentation des caniveaux. Jusqu'à la Porte Picpus, ces câbles isolés, placés sous plomb et armés, sont placés directement dans une tranchée située sous le trottoir. Dans Paris, ces câbles, simplement isolés et sous plomb, passent dans une conduite en fonte de 30 cm de diamètre placée dans l'entrevoie. Chacun des refuges qui se trouvent sur la voie empruntée par cette conduite sert à recevoir à la fois les poteaux-supports de la ligne de traction et un regard de visite de la conduite. Cette condition se continue jusqu'à la fin de la ligne des poteaux de fils aériens, aux abords de la rue de Lyon, point où l'intensité de la circulation a nécessité le rapprochement au maximum possible de deux voies en caniveau; à partir de ce point, les câbles, de nouveau armés, passent en tranchée sous le trottoir, l'éclairage étant lui aussi reporté sur le côté dans cette région.

Enfin deux câbles sont, dès à présent, mis en place pour le service de l'éclairage. De l'usine au raccordement de la voie de service la section de ces câbles est de 250 mm². A cet

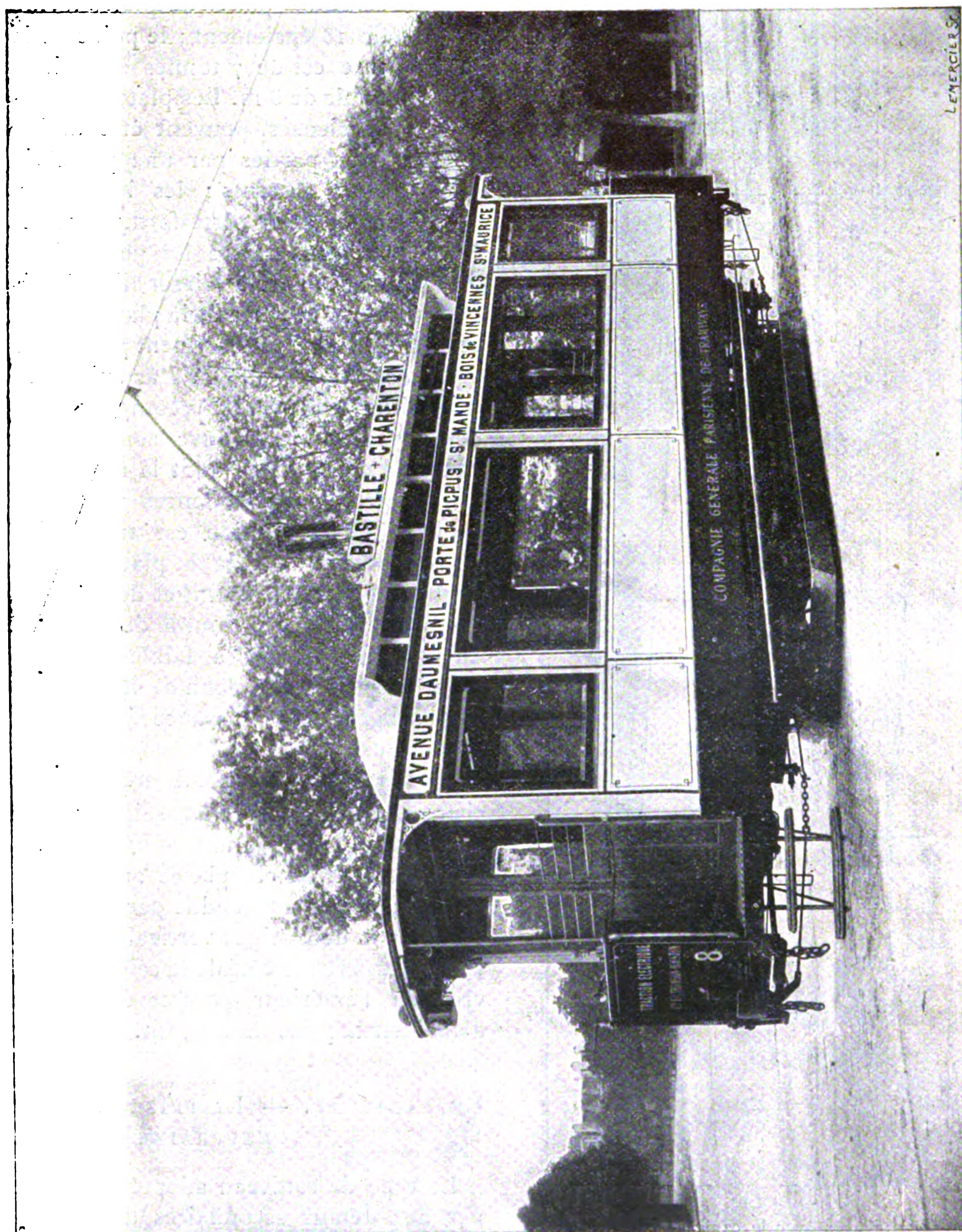


Fig. 2. — Voiture de la ligne Bastille-Charenton.

endroit les câbles se bifurquent; du côté de Charenton se dirigent en tranchée deux câbles de 100 mm²; du côté de Paris, deux câbles de 150 mm² suivent dans leur parcours jusqu'au terminus les câbles des caniveaux.

MATÉRIEL ROULANT. — Ce matériel consiste en dix-sept voitures automotrices. Chaque voiture (fig. 2), sans impériale, comme il a été dit, est du modèle à deux plates-formes, de manière à éviter l'emploi de plaques tournantes, et à marchepied latéral; le nombre des places d'intérieur (1[re] classe) est de 18; celui des places de plates-formes est de 18 également; le poids de la voiture est de 7 tonnes et sa longueur totale de 8 m. Les plates-formes, très spacieuses, peuvent être divisées en deux parties par une porte vitrée à deux battants; les battants de la porte de la plate-forme arrière sont rabattus contre les parois latérales, de manière à laisser libre la circulation; la porte de la plate-forme avant est fermée et le compartiment postérieur seul est accessible au public. Par suite de cette disposition le conducteur, complètement isolé des voyageurs, se trouve soustrait à toute cause de distractions dont la moindre pourrait avoir des conséquences graves aux endroits où la circulation est très active; en outre les voyageurs de la plate-forme avant sont ainsi à l'abri du vent et de la pluie.

Fig. 3. — Aiguillages avec le caniveau latéral et avec le caniveau central.

Chaque voiture est munie de deux moteurs du type G. E. 800, à faible vitesse angulaire. Le poids de chacun de ces moteurs est de 800 kgr et leur puissance individuelle de 25 chevaux.

En outre de la perche de trôlet habituelle, chaque voiture est nécessairement munie d'une prise de courant souterraine. Cette prise de courant est placée au milieu de la voiture; elle est suspendue par une chaîne et guidée par deux tiges verticales; une manivelle placée sur le côté de la caisse et manœuvrée de l'extérieur permet de relever ou d'abaisser la prise de courant.

LE CANIVEAU. — LA PRISE DE COURANT SOUTERRAINE

Le type de caniveau adopté ne diffère que par des détails secondaires de celui qui a été employé dès 1895 sur le réseau de Washington et plus récemment à New-York sur le réseau de la Metropolitan Street Railway Company. Le réseau à canalisation

souterraine de Washington (¹), installé par M. A.-N. Connett et dont la portion située dans la Ninth Street a été mise en service le 29 juillet 1895, présente actuellement un développement de 33 km. Le réseau de la Metropolitan Street Railway Company (²) comprendra bientôt 48 km. de voies doubles exploités par caniveau. C'est donc un système qui a fait ses preuves que la Compagnie Thomson Houston a établi à Paris.

Comme nos lecteurs le savent par les descriptions, qui ont été données antérieurement, des installations qui viennent d'être rappelées, ce système est à caniveau central.

Ceux qui connaissent les difficultés que les voies de tramways opposent à la circulation des voitures ordinaires, par suite des ornières qui ne tardent pas à se former le long des rails et à cause de l'impossibilité où se trouvent les chevaux de trouver un point d'appui solide sur les rails, se demanderont sans doute pourquoi on a cru devoir adopter à Paris le caniveau central, qui augmente ces difficultés en nécessitant une troisième ligne de rails pour chaque voie, et pourquoi l'on n'a pas pris le caniveau latéral, déjà utilisé à Budapest (³) et à Bruxelles (⁴) et qui n'offre pas cet inconvénient.

C'est qu'en réalité cet avantage du caniveau latéral est largement compensé par

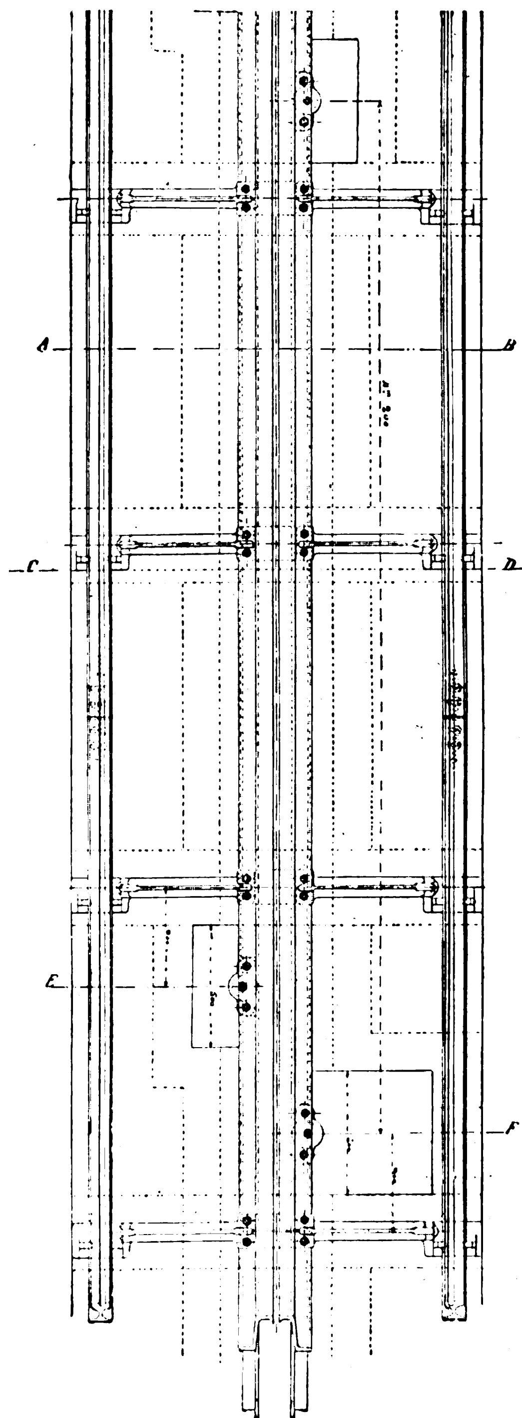


Fig. 4. — Vue en plan, le pavage enlevé, d'une voie avec caniveau central.

d'autres inconvénients, déjà indiqués dans ce

(¹) Voir dans *L'Éclairage Électrique*, pour la description de cette installation et les résultats techniques de son exploitation : J. Reyval. Les tramways électriques à canalisations souterraines en Amérique, t. II, p. 145, 26 janvier 1895. — A.-N. Connett. Les tramways électriques à canalisation souterraine de la neuvième rue à Washington, t. VI, p. 502, 14 mars 1896.

(²) Pour la description de ces installations voir : Tramway à trôlet souterrain de la General Electric Company (installation de Lenox avenue, à New-York), t. IV, p. 508, 14 septembre 1895. — G. Pellissier. Caniveau de la Métropolitan Street Railway Company, t. XV, p. 63, 9 avril 1898 ; — ainsi que t. V, p. 283 et 608 ; t. VI, p. 267 ; t. XIV, p. 92 ; t. XV, p. 63.

(³) A. Moutier. Les tramways électriques à conducteurs souterrains de Budapest. *L'Éclairage Électrique*, t. X, p. 529, 20 mars 1897.

(⁴) M. Travailleur. Les tramways bruxellois à traction électrique souterraine. *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 433, 4 décembre 1897.

journal, mais qu'il n'est pas inutile de rappeler, en les rapprochant des avantages du caniveau central.

Le premier est d'offrir une moins grande résistance aux déformations produites par le passage des lourds véhicules, les chaises ayant nécessairement dans ce système un plus grand porte à faux que dans le système à caniveau central. L'âme du rail doit être en effet verticale pour supporter le poids des voitures de tramway, et immédiatement au-dessous du patin le caniveau doit s'élargir pour permettre d'abriter les conducteurs électriques et de ménager en même temps un isolement d'air suffisant entre ces conducteurs et les parois du caniveau. Au contraire, dans le caniveau central la symétrie des diverses parties par rapport au plan médian longitudinal est complète, et le porte-à-faux de chaque partie se trouve être considérablement réduit.

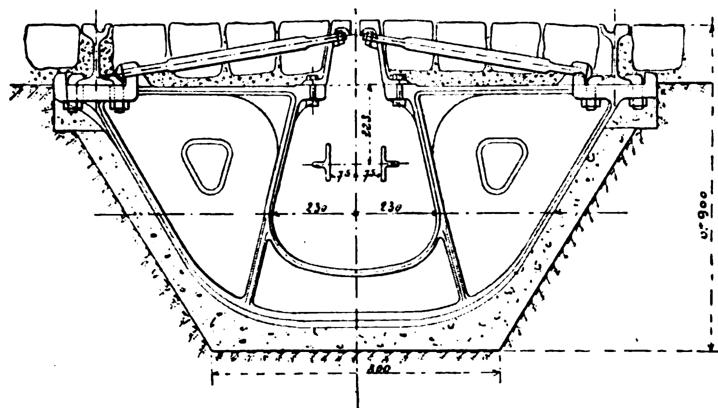


Fig. 5. — Coupe suivant CD.

En second lieu, les pressions latérales exercées par le pavage sur les voies, agissent directement sur le caniveau dans le cas où celui-ci est latéral, et n'ont qu'un effet indirect et fort atténué lorsque le caniveau est placé entre les rails de roulement. Or, ces pressions sont très grandes lorsque, comme il est d'usage maintenant à Paris, le pavage s'effectue en pavés de bois.

D'autre part, la rainure latérale rend difficile l'isolement des conducteurs d'alimentation et de l'appareil de prise de courant. Les roues des voitures de tramway projettent de l'eau et de la boue dans le caniveau en éclaboussant les conducteurs, les isolateurs et surtout l'appareil de prise de courant; les eaux pluviales pénètrent facilement dans la fente par suite de la pente de la chaussée. Avec la rainure centrale le premier de ces inconvénients est totalement supprimé; quant au second, il l'est presque complètement en surélevant légèrement la rainure axiale par rapport aux rails de roulement.

On sait aussi qu'avec le temps la base d'appui des rails de roulement sur les chaises s'use par l'effet du martelage produit par le passage de la voiture. Cette usure n'affecte pas le caniveau lorsqu'il est axial; avec la rainure latérale, au contraire, la détérioration des bases d'appui peut conduire à la destruction totale du caniveau.

Enfin, dans le système à caniveau latéral les aiguillages présentent des difficultés de construction et d'exploitation beaucoup plus grandes que dans le système à caniveau central.

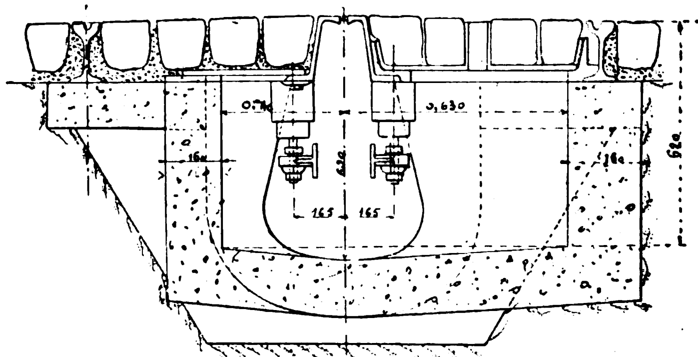


Fig. 6. — Coupe suivant EF.

La pratique a en effet démontré que la largeur minimum à donner à l'aiguille à son extrémité est de 15 mm avec une largeur normale de rainure de 28 mm, ce qui force à avoir un écartement total de la rainure de 43 mm

à la pointe de l'aiguille (voir figure 3, coupe A B), créant ainsi une ornière s'étendant en forme de coin de A B à E F (fig. 3) et des plus dangereuses pour la circulation. Avec la rainure axiale il est également nécessaire d'augmenter la largeur aux aiguillages, mais cette augmentation de largeur, d'ailleurs plus faible, s'étend sur une longueur beaucoup plus courte, comme on peut le constater par la comparaison des deux parties de la figure 3. D'un autre côté, les aiguillages sont beaucoup plus faciles à entretenir dans le cas du caniveau central que dans celui du caniveau latéral.

Tels sont les arguments que la Compagnie Thomson Houston fait valoir en faveur du caniveau central. Passons maintenant à la description du caniveau et de la prise de courant.

Caniveau. — Le caniveau est constitué par un tube de béton renforcé de distance en distance par des chaises de fonte. A ces chaises, très robustes pour s'opposer aux pressions dues au passage des lourds véhicules et à la poussée du pavage, sont solidement fixés les deux rails en forme de Z qui forment les parois de la rainure. Les rails sont en acier, mais la fonte a été préférée à l'acier pour la construction des chaises, afin d'avoir la rigidité indispensable au maintien du tube de béton.

La profondeur de ce tube au-dessous de la chaussée est de 70 cm.

Les chaises sont espacées de 1,40 m. Les rails de roulement y sont solidement boulonnés (fig. 5).

Les rails de la fente sont assez hauts pour ne pas gêner la pose du pavage et sont suffisamment raides pour permettre l'espacement relativement considérable des chaises sans risquer de rétrécir la fente. La partie supérieure de chacun de ces rails est munie d'une nervure en biseau formant larmier, de sorte que l'eau qui descend de la chaussée tombe au milieu de la conduite sans mouiller les rails conducteurs.

Les isolateurs, en porcelaine, sont fixés par des boulons aux semelles des rails de la fente; par suite, ni les tassements de la chaussée ni les mouvements latéraux ne peuvent modifier la position relative des rails de contact et de la voiture. Ils sont recouverts d'un chapeau en fonte qui réduit autant que possible les chances de fracture.

Les rails de contact sont fixés aux isolateurs au moyen d'une pièce en fer malléable permettant l'ajustage dans trois directions, de manière à pouvoir aligner les rails de contact à la même hauteur et au même écartement. Ces rails ont la forme de ⊣; ils sont en acier doux et leur face verticale mesure 10 cm. Par suite de cette hauteur, les sabots de contact restent toujours en contact avec les conducteurs; quand la voiture est neuve, la prise de courant se fait sur la moitié supérieure du rail; à mesure que les roues et les coussinets s'usent ou que les ressorts des boîtes à graisse fléchissent en raison du poids des voyageurs ou des inégalités de la voie, la prise de contact se fait sur la partie centrale ou la partie inférieure du rail, sans qu'il puisse se produire ni interruption ni déraillement.

Les rails de contact ont, de même que les rails de roulement, une longueur qui est un multiple exact de l'écartement des chaises, afin que les joints soient toujours placés de la même manière par rapport aux chaises: cette longueur est de 8,40 m. Les isolateurs qui les soutiennent sont placés tous les 4,20 m., alternativement au joint et au milieu.

Tous les 33,6 m un large regard permet de nettoyer le caniveau. Ce regard est fermé par un tampon formé par un cadre métallique dans lequel sont fixés des pavés de bois. Tous les 100 m. environ des regards plus grands établissent la communication de la conduite avec les égouts.

Pour nettoyer la conduite, on se sert d'une râclette en bois bordée de fer ayant la forme du fond du caniveau. Le manche de cette râclette peut passer facilement à travers la rainure et se décroche aisément de la

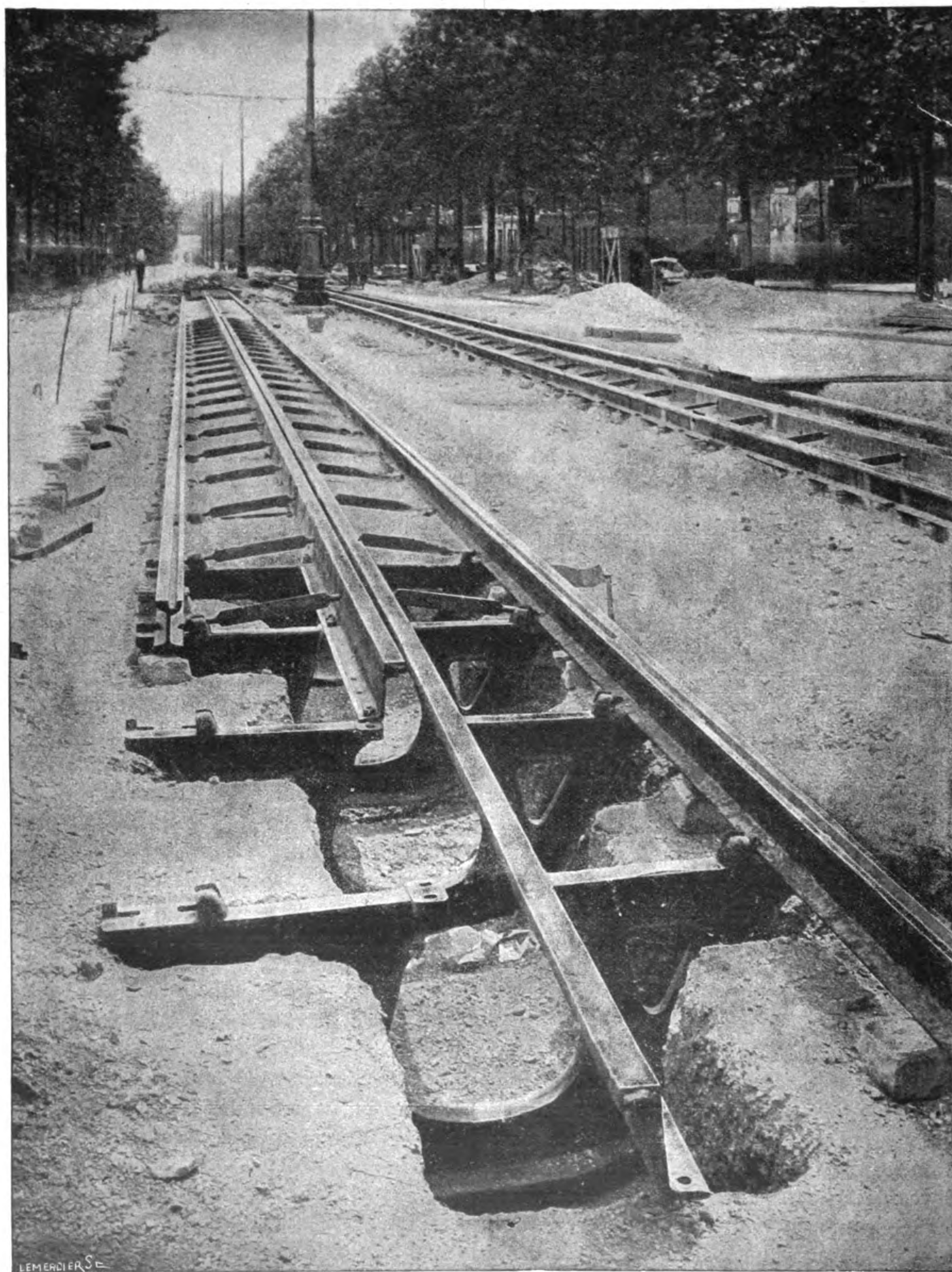


Fig. 7. — Voie en construction, avenue Daumesnil.

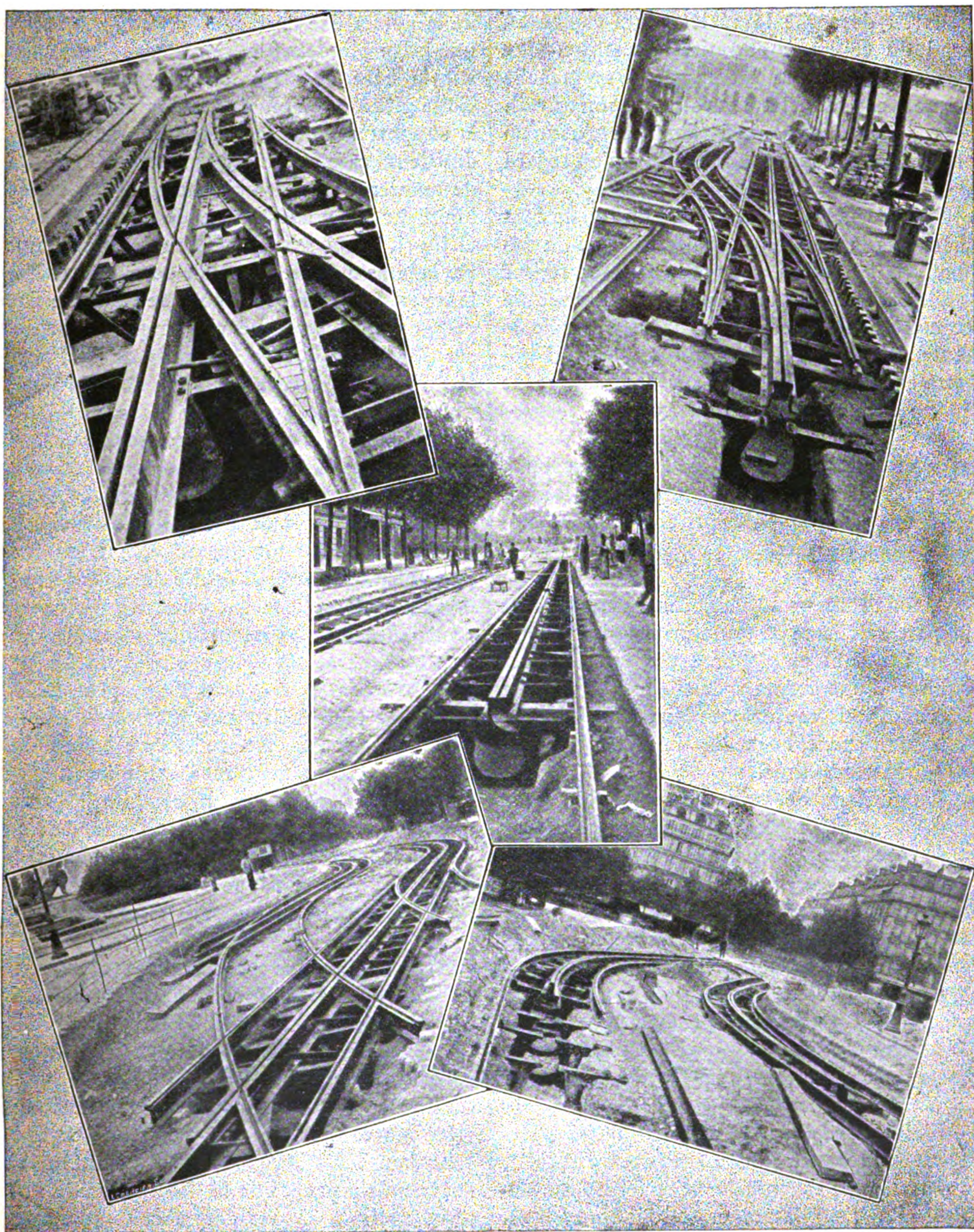


Fig. 8. — Voie en construction, avenue Daumesnil et place de la Bastille.

râclette; quand une voiture est en vue, l'ouvrier décroche la râclette qui tombe au fond du caniveau et retire le manche. Une fois que la voiture est passée, il emmanche de nouveau la râclette et continue son travail. Les boues sont ainsi amenées jusqu'au regard de nettoyage, ou bien jusqu'au regard de l'égout.

Pour permettre d'introduire un rail de contact dans la conduite sans être obligé de démolir le béton, ou pour permettre de retirer quelque objet de la rainure, on dispose un regard spécial très étroit sur le bord de la fente. Il est muni d'un tampon spécial qui permet d'ouvrir la fente sur une largeur de 20 cm et une longueur de 1,25 m.

Les figures 4, 5 et 6 donnent une vue en plan et deux coupes en travers du système de caniveau; les figures 7 et 8 reproduisent quelques photographies prises pendant l'exécution des travaux.

Aiguillages. — Les aiguillages constituent la partie délicate de toute installation à caniveau : il faut employer à ces endroits des chaises d'une forme spéciale, et pour réunir les conditions voulues de résistance et de bon fonctionnement, beaucoup de soins et d'études sont nécessaires.

L'aiguillage de voie diffère peu de ceux généralement employés pour la voie Broca ordinaire. Il se compose de deux appareils, l'un à lame fixe, l'autre à lame mobile. Ces pièces, en acier fondu, s'adaptent facilement aux extrémités des rails Broca avec les éclisses ordinaires. La lame d'aiguille est haute et résistante; elle est fixée sur son pivot au moyen d'un boulon que l'on peut atteindre facilement par la gorge du rail, de telle sorte qu'on peut la changer ou la réparer sans avoir à toucher au pavage.

L'aiguillage de la rainure comprend également deux parties, l'une fixe, l'autre mobile. La partie fixe est en acier et sa forme est étudiée pour l'emplacement qui lui est assigné. Elle est solidement boulonnée sur les patins des rails de fente qui viennent se couper en ce point. Ces rails, entaillés suivant la forme de la partie fixe de l'aiguillage, reposent sur une large pièce en fonte à nervure s'appuyant sur la base de deux chaises consécutives. Cette pièce, que l'on voit sur la figure 3, sert à supporter toute la chaussée à la jonction des deux caniveaux. Sa forme a été étudiée de manière à réduire autant que possible la longueur en porte à faux de l'aiguille fixe. Celle-ci, à son extrémité libre, est maintenue par la lame mobile. Le talon de cette dernière lame est fixé à pivot au bout de l'aiguille fixe et son autre extrémité vient reposer sur des cornières boulonnées aux rails de la fente; la forme de la lame est étudiée de telle façon qu'elle repose toujours sur l'une des deux cornières et, par suite, ne puisse tomber.

La commande de l'aiguillage des rails de roulement agit en même temps sur l'aiguillage de rainure. Dans ce but la lame du rail de roulement porte un prolongement traversé par une tige fixée à l'aiguille de rainure; un double système d'écrous et de contre-écrous rend solidaires les mouvements des deux aiguilles. Un système de transmission à bielles, passant dans le caniveau à une profondeur suffisante pour n'être pas rencontrée par la prise de courant, assure la commande des aiguilles. La manœuvre s'opère au moyen d'un levier comme pour les aiguilles ordinaires. Le réglage se fait très facilement au moyen de tiges filetées; le graissage et le nettoyage s'effectuent par des regards disposés à l'aplomb de l'appareil de commande.

Appareil de prise de courant souterraine. — L'appareil se compose d'un cadre métallique disposé suivant l'axe de la voiture. A sa partie inférieure et latéralement, sont deux ressorts métalliques, semi-elliptiques, isolés du bâti, qui pressent contre les parois verticales des conducteurs en ⊣ disposés dans le caniveau. Tout l'appareil peut, comme nous l'avons dit à propos de la description du matériel roulant, être élevé ou abaissé au moyen d'une chaîne mue par une manivelle.

La mise en place de l'appareil dans le cani-

veau, lorsque la voiture abandonne la ligne aérienne, ainsi que son extraction du caniveau, lorsque la voiture reprend une autre portion de la ligne aérienne, exigent un regard à chaque extrémité de la conduite souterraine. A ce point de vue, ce système de prise de courant est moins commode que le système dit « à clapets » employé à Bruxelles. Avec ce dernier système, la mise en place et l'extraction peuvent en effet se faire tout simplement en insérant l'appareil dans la rainure, les clapets qui portent les pièces de contact se rabattant alors sur le bâti. Mais ce dernier système offre l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la largeur de la fente dans la proportion de 1,5 à 1, et pour cette raison on a préféré le premier malgré le désavantage qui vient d'être signalé.

D'ailleurs la disposition adoptée par la Compagnie Thomson Houston pour effectuer la mise en place et l'extraction de la prise de courant souterraine a été très bien étudiée et permet une manœuvre rapide. Le regard placé à chacune des extrémités de chaque portion de caniveau est fermé par deux trappes dont les bords en regard forment les prolongements des bords des rails de rainure. Au moyen d'un système de leviers situés dans le regard et manœuvrés à l'aide d'une barre que l'on insère dans une douille analogue à celles qui servent à faire les aiguillages, les deux trappes sont soulevées en même temps qu'écartées suffisamment pour laisser passer la prise de courant. Quand celle-ci est dans la position voulue, on laisse retomber les trappes. La manœuvre complète demande fort peu de temps, une demi-minute environ. Comme l'abandon de la ligne aérienne pour la ligne souterraine, et réciproquement, a lieu à des stations, le temps exigé par la manœuvre n'influe en rien sur la rapidité du service.

Telles sont les principales dispositions de la nouvelle installation de la ligne Bastille-Charenton. Nous adressons nos remerciements aux ingénieurs de la Compagnie Thomson Houston qui nous ont donné tous les renseignements nécessaires pour les faire connaître à nos lecteurs.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Conjoncteur-disjoncteur Guénée et Cie.

Le grand développement que paraît devoir prendre l'automobilisme électrique donne un intérêt particulier à cet appareil, en dehors des applications à l'éclairage.

La plupart des conjoncteurs-disjoncteurs fonctionnent convenablement comme disjoncteurs; la conjonction est plus délicate et rarement réalisée.

Ce nouveau conjoncteur-disjoncteur (fig. 1) se compose d'un électro qui commande directement un plongeur agissant dans une cuvette isolante à cloison. Le système de rupture de courant, de M. Bouchet, a été décrit en détail[1].

La rupture se fait au sommet de la cloison entre deux molécules de mercure; aucun arc ne peut se former, l'appareil étant fermé, aucune projection de mercure ne peut se produire.

Le noyau est évidé suivant un certain profil donnant un effort constant[1]. On a pu répartir en outre le travail obtenu sur une course suffisante pour actionner directement le plongeur; par suite, on supprime tous les leviers et articulations ordinaires. Un ressort rappelle le noyau à la position de rupture.

Le bobinage de l'appareil établi par MM. Guénée et Cie est tout spécial.

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 478.

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 151.

Les trois bobines B_1, B_2, B_3 sont fixées sur la carcasse de l'électro (fig. 1).

Avant la fermeture du circuit, la bobine B_1

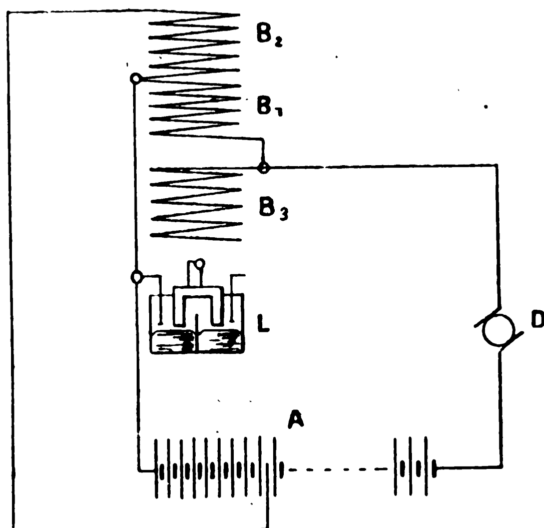


Fig. 1. — Conjoncteur-disjoncteur Guénée et Cie.

de haute résistance est traversée par le courant de charge ; la bobine B_2 de fil fin est en dérivation sur un certain nombre d'éléments.

Si le voltage de la dynamo est supérieur à celui de la batterie, les deux bobines ajoutent leurs effets et le noyau descend faisant plonger le cavalier de l'interrupteur. La sécurité est absolue, jamais le circuit de charge ne sera fermé si le voltage de la dynamo est inférieur à celui de la batterie.

L'interrupteur L étant fermé, la bobine de gros fil B_3 se trouve traversée par le courant. (Cette bobine est munie d'un shunt dans les appareils importants.) Le noyau est alors sollicité par le flux résultant de la bobine de polarisation et la bobine 3.

La bobine 2 peut être mise en dérivation sur toute la batterie ou fractionnée pour permettre de recharger des batteries de voltages différents, avec le même appareil, sans réglage préalable.

Cet ensemble, très compact et robuste, a donné de très bons résultats.

Le récent appel de l'Automobile Club, du Syndicat des Industries électriques et de la Société internationale des Électriciens, à tous les industriels de France à même de fournir le courant aux électromobiles donne une actualité toute spéciale à cet appareil, protégeant efficacement la dynamo comme la batterie.

Compensation des résistances de frottement dans les compteurs à moteur pour courants alternatifs [1].

Dans les compteurs à moteur, le frottement des axes des différents mouvements produirait un retard au démarrage, si l'on n'avait soin de donner au moteur un moment de rotation qui, lorsque le courant d'alimentation ne passe pas, est exactement égal au moment produit par les frottements ; de sorte qu'un faible accroissement du moment moteur, lorsque le courant est utilisé, suffit pour mettre le compteur en mouvement.

Pour le compteur Thomson, on ajoute, dans ce but, une bobine auxiliaire de fil fin qui est en dérivation sur les deux conduc-

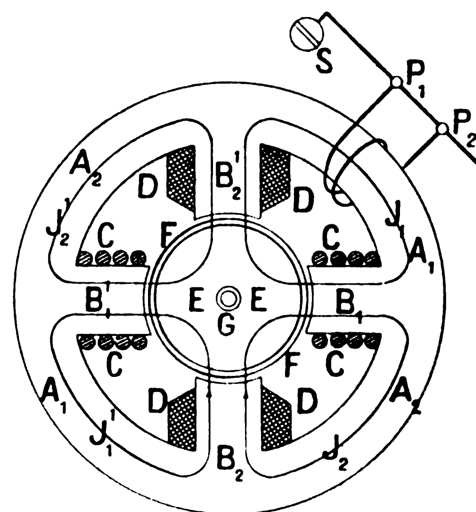


Fig. 1. — Schéma du moteur dans le compteur Siemens et Halske.

teurs et par suite est toujours parcourue par un courant.

Le dispositif Siemens et Halske est un compteur à champ tournant pour courants

(1) SIEMENS et HALSKE. Brevet allemand, n° 98 211.

mono ou polyphasés (fig. 1). A_1A_2 est un anneau formé de tôles isolées les unes des autres et qui porte quatre pièces polaires radiales et dirigées de la circonférence vers le centre. A l'intérieur et concentriquement est un cylindre E de tôle isolée. Un tambour de cuivre F peut tourner autour de l'axe G, dans l'intervalle de quelques millimètres qui est laissé entre les pièces polaires et le cylindre E.

Les pôles $B_1 B'_1$ sont entourés par un gros fil C que traverse le courant de consommation; les pôles $B_2 B'_2$ sont entourés par un fil fin D, et le courant pris en dérivation qui le traverse est déphasé de 90° par rapport au courant principal.

On obtient ainsi un champ tournant, et le tambour tourne d'autant plus rapidement que l'intensité ou la tension du réseau sont plus grandes. Le mouvement du tambour met en marche l'indicateur de tours.

Afin de donner au tambour un faible moment de rotation lorsque les bobines C ne sont pas parcourues par le courant, on emploie un troisième enroulement fermé sur lui-même W et qui enveloppe une partie de l'anneau extérieur. Cet enroulement, réglé par une résistance convenable, produit avec les bobines de dérivation D un faible moment de rotation qui compense avec une exactitude suffisante la résistance de frottement des axes du moteur et de l'indicateur de tours. Il suffit pour cela de quelques tours de fil W enroulés sur la partie A_1 de l'anneau, par exemple. Suivant la position de cet enroulement par rapport à la bobine de dérivation D, le moment de rotation est dirigé dans un sens ou dans l'autre. Ainsi, si on le transporte de A_1 en A_2, le sens de rotation du tambour est changé. En effet, supposons l'enroulement W en A_1 et à circuit ouvert, les flux de force $J_1 J'_1 J_2 J'_2$ ont les directions représentées sur la figure 1 : partant des pôles $B_2 B'_2$, ils traversent le tambour F et en ressortent pour rentrer en B_1 et B'_1 dans l'anneau extérieur. Si l'enroulement W est fermé, des courants y sont induits et agissent sur le flux J_1 sans modifier les autres. Le flux J_1 éprouve une faible différence de phase par rapport à J_2, sans que son intensité soit sérieusement altérée. Les deux flux J_1 et J_2 se composent alors en B_1 pour donner une résultante J, déphasée d'environ 90° par rapport à J_1 et J_2. Il

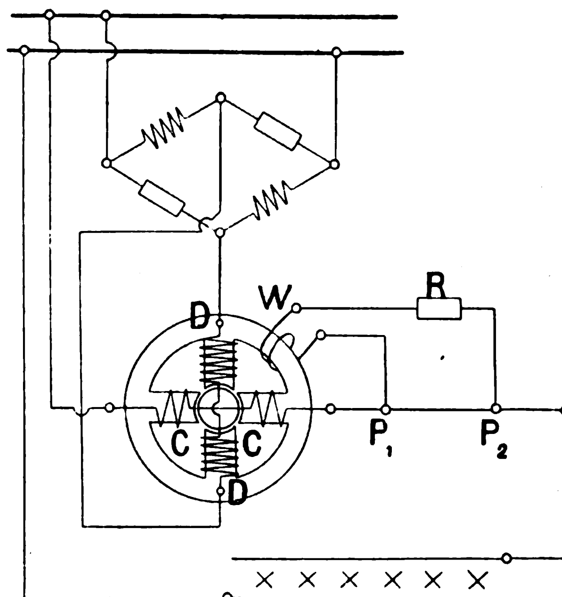


Fig. 2. — Connexions du compteur Siemens et Halske.

se superpose ainsi au champ alternatif un faible champ tournant qui agit sur le tambour F.

Si l'enroulement, au lieu d'être en A_1 est en A_2, c'est alors le flux J_2 qui est altéré. La résultante est approximativement à 180° de la

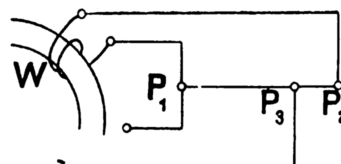


Fig. 3. — Connexions du compteur Siemens et Halske.

précédente et le moment de rotation agit en sens inverse du mouvement.

L'inconvénient de cette disposition est que, lorsque les bobines C sont traversées par le courant de consommation, elles produisent avec W un moment de rotation inverse du précédent. Pour annuler cette action, au lieu

de fermer W sur lui-même, on le ferme (fig. 2) sur une partie P_1P_2 du conducteur principal en intercalant une faible résistance R. On prend R tel que la différence de potentiel entre les extrémités P_1 et P_2 du circuit W soit égale à la f. é. m. produite par le courant du réseau dans W. Ceci a lieu lorsque, le courant ne passant pas dans D, mais traversant C, ces bobines n'induisent pas de courant en W.

Au lieu d'une résistance R on peut employer la disposition de la figure 3. G. G.

La mesure des hautes tensions électriques;

Par W. Peukert [1].

Deux méthodes sont employées, dans la pratique, pour la mesure des hautes tensions électriques, que nécessite si souvent l'utilisation des courants alternatifs. On peut mesurer directement la tension au moyen d'un voltmètre électrostatique; ou bien, au moyen de transformateurs, ramener les hautes tensions à des tensions moindres, commodément mesurables par le voltmètre à dilatation.

La mesure directe des hautes tensions par le voltmètre à dilatation serait encore possible, à condition d'introduire une résistance dépourvue de self-induction et suffisamment grande. Ces résistances sont coûteuses et encombrantes, et la méthode n'a pas été employée.

Il existe de bons indicateurs de tension, et ils peuvent donner des indications sûres, par suite des grandes forces mises en jeu; mais il faut les étalonner et les contrôler.

Lorsque l'on emploie les transformateurs, il faut connaître le rapport de transformation, qui n'est pas toujours égal au rapport des nombres de tours de fil; et pour l'évaluer, il faut encore pouvoir mesurer exactement des hautes tensions.

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XIX, p. 657, 29 septembre 1898.

L'emploi des transformateurs, qui sont d'ailleurs commodes, présente l'inconvénient que le rapport de transformation n'est pas en général constant; il varie par suite de la perte de tension et de la dispersion magnétique résultant de la charge de l'enroulement secondaire; en outre, ce rapport peut encore être modifié suivant l'appareil employé pour la mesure de la tension du secondaire, tel qu'un voltmètre à dilatation. Avec un transformateur, la dispersion magnétique est considérable; le nombre de périodes du courant alternatif influe aussi sur le rapport de transformation, de sorte que si le nombre de périodes et par suite la chute de potentiel augmentent, le rapport croît également.

La dispersion peut cependant être bien réduite par une construction convenable du transformateur, mais elle ne peut être évitée complètement.

Les grands avantages que présentent les voltmètres à dilatation, dans leur emploi avec les transformateurs avec lesquels ils doivent être étalonnés, diminuent beaucoup, lorsque leurs résultats ne sont plus indépendants du nombre de périodes du courant alternatif.

Un moyen assez précis consiste dans la division de la tension à l'aide de résistances sans self-induction, divisions dont on mesure la valeur à l'aide d'un électromètre. La tension cherchée est alors la somme des tensions partielles obtenues. Ces résistances sont à double fil, pour éviter la self-induction; si elles sont égales, il suffit de mesurer une des subdivisions de la tension, et de multiplier ensuite la valeur trouvée par le nombre de divisions. Si r est la résistance commune, R la résistance totale, e la tension mesurée, la valeur E de la tension cherchée est

$$E = e\frac{R}{r}.$$

Cette équation est suffisante, dans le cas de résistances privées de self-induction, parce que la chute de tension est directement proportionnelle à la résistance.

Mais on n'a pas toujours de telles résistances à sa disposition. Les résistances formées d'un enroulement bifilaire, les mieux soignées, possèdent encore une self-induction notable. L'enroulement bifilaire ne fait pas disparaître la self-induction, il produit une réduction considérable de celle d'un enroulement unifilaire. A la vérité, la relation précédente est encore valable, s'il y a de la self-induction, mais il n'y a plus proportionnalité simple avec les divisions de la résistance. On peut [1] construire des bobines de bifilaire dont la self-induction est proportionnelle à la résistance; mais il faudrait d'abord examiner si cela a lieu pour la résistance employée.

Une subdivision par degré de la haute tension à mesurer facilitera toujours la mesure. L'emploi de condensateurs résout très simplement la question. On les dispose en série (fig. 1), pour partager la différence de

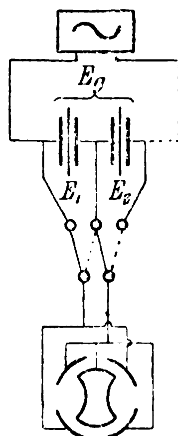


Fig. 1.

potentiel totale E_g entre eux (E_1, E_2). On choisit n condensateurs construits avec le même diélectrique, ayant même capacité ; on mesure la tension pour l'un d'eux au moyen d'un électromètre, et il suffit de multiplier cette valeur par n, pour avoir la tension cherchée.

Le professeur Peukert a employé cette méthode. Son condensateur se composait de 10 condensateurs à lames de mica, aussi égaux que possible et disposés dans une boîte. La surface était de 135 cm². Ils étaient séparés par des plaques de bois paraffinées, reliées ensemble par des vis. Les différences inévitables entre condensateurs, même ayant des dimensions égales, se compensaient exactement en faisant varier la pression des plaques de bois. Le couvercle de la boîte portait une série de plots de laiton, reliés aux condensateurs et que l'on pouvait relier entre eux au moyen de fiches (fig. 2) de façon à placer les condensateurs en série ou en parallèle.

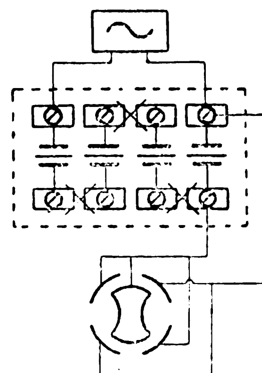


Fig. 2.

Suivant la valeur de la tension et l'électromètre dont on se sert, on choisit le nombre des subdivisions à employer et l'on peut aisément contrôler le résultat des mesures, en changeant les liaisons. La capacité de chaque condensateur est de 0,00607 microfarad. En prenant la capacité la plus faible, c'est-à-dire en disposant les condensateurs en série, on a le courant de charge le plus faible, ce qui réduit la consommation au minimum.

Un tel système de condensateurs permet de mesurer simplement des tensions élevées comprises entre de larges limites. Il présente l'avantage sur les transformateurs usuels de n'être pas établi pour un cas spécial ; il peut être employé dans les laboratoires, où l'on a à faire des mesures de tensions diverses.

G. G.

[1] H.-F. Weber. *Sitzungsberichte des Kgl. Akad. d. Wissenschaften*. Berlin, p. 511, 1886.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Remarques sur la polarisation rotatoire magnétique et la dispersion anormale, à l'occasion d'une expérience nouvelle de MM. D. Macaluso et O.-M. Corbino;

Par Henri BECQUEREL [1].

« Le 17 octobre dernier [2], MM. D. Macaluso et O.-M. Corbino ont présenté à l'Académie une expérience très remarquable dont l'explication me paraît se relier intimement aux phénomènes connus de la polarisation rotatoire magnétique et plus particulièrement aux expériences publiées par M. Cotton en 1896 [3] ainsi qu'à diverses recherches que j'ai publiées sur cette question.

» Je rappellerai d'abord l'expérience nouvelle de MM. Macaluso et Corbino :

» Au travers des armatures percées d'un électro-aimant, placées entre deux nicols, on fait passer, parallèlement au champ magnétique, un faisceau de lumière blanche qu'on analyse au moyen d'un spectroscope très dispersif; entre les armatures on dispose un brûleur avec une parcelle de chlorure de sodium, et l'on observe alors, dans le spectre, les deux bandes d'absorption D_1 et D_2 qu'il convient d'obtenir larges. Dans ces conditions si l'on ferme le courant de l'électro-aimant, on voit apparaître, de part et d'autre de chacune des raies D, des bandes alternativement obscures et brillantes qui se déplacent lorsqu'on fait tourner l'analyseur.

» MM. Macaluso et Corbino ont reconnu que ces bandes sont dues à un phénomène de polarisation rotatoire magnétique; elles constituent, de part et d'autre de chaque raie D, un spectre cannelé de Fizeau et Foucault, montrant que, au travers de la flamme du sodium, les radiations qui, dans le spectre avoisinent immédiatement chaque bande d'absorption, subissent une rotation magnétique considérable, qui grandit à mesure que leur longueur d'onde est plus voisine de celle de la raie d'absorption. Lorsque les nicols sont parallèles, la bande obscure la plus éloignée de la raie correspond à une rotation du plan de polarisation égale à 90°.

» J'ai répété très facilement cette expérience. En utilisant le troisième ou le quatrième spectre d'un réseau Rowland, on constate très nettement, de part et d'autre des raies D, des bandes sombres qui se déplacent avec l'analyseur.

» Un des caractères de ces bandes est qu'elles sont parfois très mobiles suivant la largeur plus ou moins grande des raies D_1 et D_2, c'est-à-dire suivant la quantité plus ou moins grande de vapeur de sodium qui se trouve dans la flamme du brûleur, et suivant l'épaisseur de cette flamme. En réglant la quantité de sodium de la flamme, on obtient des bandes assez fixes. On vérifie alors les divers caractères signalés par les auteurs italiens, et qui ne laissent aucun doute sur la nature du phénomène.

» Voici, en outre, quelques particularités que j'ai été à même d'observer : lorsque les deux nicols sont parallèles, l'aspect et la position des bandes ne changent pas quand on renverse le sens du courant de l'électro-aimant. Il en est de même quand les nicols sont croisés à angle droit, mais dans ces conditions l'expérience est encore plus frappante. En effet, en l'absence du courant, la lumière blanche traversant la flamme est interceptée par les nicols croisés, le champ est alors obscur et les raies D émises par le brûleur ne sont que très faiblement lumineuses; si l'on vient à faire passer le courant, on voit apparaître, dans le spectre, deux bandes très lumineuses de chaque côté de chacune des raies D, exactement à la place où l'on observait des

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 647, séance du 31 octobre 1898.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 548, et *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 254, 5 novembre 1898.

(3) *Thèse pour le Doctorat* et *L'Éclarirage Électrique*, t. VIII, p. 162 et 198, 25 juillet et 1er août 1896.

bandes obscures dans le cas des nicols parallèles. Ce sont les radiations dont le plan de polarisation a tourné de 90° dans le champ magnétique.

» Quand les nicols sont croisés à 45° l'aspect des bandes et leur position diffèrent suivant le sens du courant et le sens de la rotation des nicols. Lorsque ceux-ci ont été tournés dans le sens de rotation magnétique les bandes obscures se rapprochent des raies D_1 et D_2. Elles s'en écartent dans le sens contraire.

» Un fait important qui ne me paraît pas avoir été signalé est que l'écartement des bandes autour de D_1 et de D_2 est notablement différent.

» Je cite à titre d'exemple les longueurs d'onde approchées des radiations qui dans une expérience subissaient des rotations de 45°, de 90° et de 270°. Ces nombres sont relatifs à l'état particulier de la flamme, état qu'on peut caractériser en notant la largeur des bandes d'absorption. Dans l'expérience que je rapporte, l'absorption autour de D_1 était sensible de 0,58963 μ à 0,58957 μ et l'absorption de D_2 de 0,58903 μ à 0,58895 μ, en admettant pour D_1 et D_2 à 15° les longueurs d'onde 0,589593 μ et 0,588996 μ.

» Le champ magnétique était en moyenne de 7750 unités C. G. S; le phénomène de Zeeman ne donnait pas une variation de longueur d'onde supérieure à ± 0,000019 μ. Les longueurs d'onde moyennes des bandes relevées ont été approximativement les suivantes :

Rotation magnétique.	Longueurs d'onde moyenne.	
45°	0μ,58975	0μ.58920
90	0.58971	0,58915
270	0.58963	0,58905
»	D_1	D_2
270	0.58957	0,58994
90	0,58948	0.58880
45	0,58945	0,58880

» On voit qu'autour de D_1 l'écartement des bandes est environ les trois quarts de ce qu'il est autour de D^2. On sait déjà que les raies D_1 et D_2 se comportent différemment dans le phénomène du renversement spontané, et dans le phénomène de Zeeman ; l'expérience qui nous occupe paraît également de nature à caractériser l'individualité de certaines raies.

» MM. Macaluso et Corbino ont répété leur expérience avec la raie rouge du lithium.

» Il résulte de ces observations que certaines vapeurs incandescentes ont pour les radiations très voisines de celles qu'elles absorbent, un pouvoir rotatoire magnétique considérable, qui atteint 50 000 fois, 100 000 fois et peut-être plus encore, le pouvoir rotatoire des radiations éloignées des bandes d'absorption.

» Le fait d'un accroissement notable du pouvoir rotatoire magnétique, pour des radiations dont la longueur d'onde est de plus en plus voisine de celle des bandes d'absorption a été signalé pour la première fois, dans certains liquides absorbants, par M. Cotton, qui a rattaché ce phénomène à la variation rapide des indices de réfraction pour ces radiations [1]. Cette variation des indices est, comme on le sait, la cause de la dispersion anomale découverte par L. Le Roux, généralisée par M. Christiansen et précisée par l'expérience des prismes croisés de M. Kundt.

» Or j'ai été conduit [2] à supposer que les pouvoirs rotatoires magnétiques des corps devaient être proportionnels à une fonction de leurs propriétés magnétiques et à l'expression $\lambda \frac{\partial n}{\partial \lambda}$, dans laquelle λ désigne la longueur d'onde de la lumière, et n l'indice de réfraction correspondant. Cette expression s'accorde avec les mesures faites sur les corps solides, liquides et gazeux, et rend compte également des observations de M. Cotton, car on sait, par l'expérience de Kundt, que, dans le voisinage d'une bande d'absorption, la va-

---

(1) On ne doit pas rapporter à cette cause la dispersion particulière des plans de polarisation dans les corps doués d'un pouvoir rotatoire magnétique négatif.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 679, *L'Éclairage Électrique*, t. XIII, p. 419, 27 novembre 1897.

leur de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$ est rapidement croissante à mesure que l'on pénètre dans la bande.

» Le phénomène observé par M. Macaluso et Corbino est donc la manifestation d'un fait connu, mais ce qu'il nous apprend de nouveau et d'important, c'est que dans le voisinage immédiat des bandes d'absorption d'une vapeur incandescente, telle que la vapeur de sodium ou de lithium, la valeur de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$ paraît devoir être considérée comme devenant infiniment grande; et la manifestation de ce fait est réalisée par une expérience d'une grande élégance.

» Les essais que j'ai tentés jusqu'ici pour répéter cette même expérience avec une vapeur absorbante à basse température, comme la vapeur d'iode, ou avec des dissolutions absorbantes diverses, n'ont pas donné de résultat, quoique les expériences de M. Cotton ne laissent pas de doute sur l'existence du phénomène anomal; mais ces expériences montrent également que, dans le cas de l'absorption à basse température, la variation de la rotation magnétique dans les régions d'absorption accessibles à l'expérience est relativement faible, ce qui, dans notre hypothèse, correspond à une variation peu rapide de l'indice en fonction de la longueur d'onde.

» En résumé, l'expérience nouvelle de MM. Macaluso et Corbino offre le plus grand intérêt en ce qu'elle montre, d'une manière particulièrement délicate, les perturbations profondes qu'apportent à la propagation de la lumière les mouvements propres des milieux transparents lorsque ces derniers vibrent presque à l'unisson des mouvements lumineux qui les traversent. »

Mesure galvanométrique des décharges brusques, se succédant par impulsions;

Par A. Witting [1].

Dans les mesures de décharges effectuées par la méthode galvanométrique, on admet que la constante $\frac{H}{K}$ du galvanomètre est la même pour ces courants de décharge que pour les courants constants.

Avec un galvanomètre de Wiedemann dont on a au besoin augmenté la durée d'oscillation, on peut encore observer une déviation constante quand on fait passer dans le multiplicateur le courant produit par les étincelles d'une machine à plusieurs plateaux, si le mouvement de la machine est uniforme. Mais si on fait tourner la machine à la main, la déviation du galvanomètre n'est plus fixe, mais oscille constamment, dans des limites du reste assez étroites, de part et d'autre d'une position d'équilibre moyenne. En même temps on entend le son produit par la succession rapide des étincelles monter et descendre alternativement. La moyenne des élongations extrêmes ne donnerait pas la position d'équilibre réelle; il faut prendre la moyenne des élongations observées à des intervalles égaux, de 5 en 5 secondes, par exemple.

On obtient de meilleurs résultats en employant la méthode de multiplication ou la méthode de recul de Tœpler.

La méthode de multiplication simple consiste à renverser le sens du courant au moment où l'aiguille revient en arrière. Si a est la position d'équilibre autour de laquelle l'aiguille oscillerait après la première élongation, A l'élongation extrême qu'elle prend quand le régime stationnaire est établi par la multiplication,

$$a = \frac{k-1}{k-1} \mathrm{A},$$

k étant le décrément des oscillations, c'est-à-dire

$$k = \frac{\mathrm{A}+a}{\mathrm{A}-a}$$

La méthode de recul simple consiste à renverser le courant au moment du deuxième changement de sens de l'aiguille, de sorte que quand l'état stationnaire est atteint, l'aiguille subit successivement quatre élon-

[1] *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 621-628, juin 1898.

gations, deux à deux égales et de sens opposés : $+A_1, +A_2, -A_1, -A_2$, qui sont liées à a et à k par les équations :

$$a = \frac{A^2_1 + A^2_2}{2A_1}$$

$$k = \frac{A_1 + A_2}{A_1 - A_2}.$$

En général, si on laisse effectuer à l'aiguille n oscillations simples autour des positions d'équilibre $+a$ et $-a$, on applique une méthode de multiplication si n est impair, de recul si n est pair, et on a les relations :

$$Ap = a + (-1)^{p-1} \frac{2k^{n-p}}{k^n + (-1)^n} a$$

$$k = \frac{A_{p-1} - A_p}{A_{p+1} - A_p}$$

$$a = \frac{A_{p-1} + kA_p}{1+k} = \frac{A_{p-1}A_{p-1} - A^2_p}{A_{p-1} + A_{p-1} - 2A_p}$$

où p peut prendre les valeurs 1, 2... n et enfin :

$$a = \frac{kA_1 - A_n}{1+k}.$$

L'auteur a appliqué ces méthodes à la mesure du courant fourni par la machine à 20 plateaux. Les résultats sont réguliers et prouvent que l'intensité de ce courant est, dans de très larges limites, indépendante de la résistance du circuit et de la longueur de l'étincelle. M L.

BIBLIOGRAPHIE

Répertoire bibliographique des principales revues françaises pour l'année 1897; par D. JORDELL. Un vol. gr. in-8° de 210 pages. *Per Lamm*, éditeur, 338, rue Saint-Honoré, Paris.

S'il est vrai que l'accroissement continuel du nombre des revues et périodiques a pour avantage une plus rapide diffusion des connaissances humaines, il a, par contre, un sérieux inconvénient. Il est en effet incontestable que nul ne peut se flatter aujourd'hui de pouvoir suivre complètement une question qui l'intéresse et de connaître tout ce qui se publie à son sujet. Aussi depuis quelques années songe-t-on, dans tous les pays, à remédier à cet état de choses par la publication d'index bibliographiques.

Ce sont les Américains qui, les premiers, ont compris l'utilité d'une telle publication, et dès 1884, William I. Fletcher, bibliothécaire de Amherst College, fondait *The annual literary index, including periodicals american and english*, qui se publie à présent avec le concours de R. R. Bowker. En Angleterre, une bibliographie similaire, *Index to the periodicals*, existe depuis 1890. En Allemagne, F. Dietrich publiait l'an dernier le premier volume d'une *Bibliographie der deutschen Zeitschriften-Litteratur*, qui comprend le dépouillement de 277 revues de langue allemande, et fournit l'indication d'environ 8500 articles scientifiques, littéraires, historiques, etc., parus dans le courant de l'année 1896.

M. Jordell vient de rendre le même service aux revues de langue française.

L'ouvrage est divisé en deux parties : une table alphabétique des articles et une table alphabétique des noms d'auteurs. Dans la première se trouvent le titre de l'article, le nom de l'auteur, le nom, le numéro et les pages du périodique où l'article est publié ; la table par noms d'auteurs donne le titre abrégé de l'article, ainsi que le nom et le numéro du fascicule du périodique. En tête du répertoire se trouvent en outre les noms des périodiques qui pendant l'année 1897 ont publié des tables récapitulatives.

Sans doute on pourrait adresser des reproches fondés à la méthode de classification adoptée et à la réunion dans un même ouvrage de tout ce qui se rapporte aux sciences, aux lettres, aux arts, au commerce, à la théologie, etc. Mais on sait combien la question de classification est délicate et difficile à résoudre complètement, et on ne saurait blâmer M. Jordell de n'avoir pas attendu sa solution. D'autre part, le nombre des revues dépouillées, bien qu'atteignant le chiffre respectable de 147, est, comme le fait remarquer M. Stein dans la préface de l'ouvrage, bien au-dessous de celui des revues de toute espèce imprimées en langue française. La

publication de ce volume ne doit donc être considérée que comme une tentative digne d'être améliorée successivement. Toutefois, tel qu'il est, l'ouvrage de M. Stein ne peut manquer de rendre des services, et son auteur, déjà éditeur du *Catalogue annuel de la Librairie française*, doit être félicité de son initiative. J. R.

Les automobiles ; voitures et petits véhicules, par D. Farman. 2e édition. Un vol. in-8°, 450 pages, 200 figures. *J. Fritsch*, 30, rue Jacob, éditeur. Prix, cartonné, 6 fr.

Venu un des premiers parmi les nombreux ouvrages qu'a fait naître l'automobilisme, patronné par le président de l'Automobile Club de France, le baron Zuylen de Nyevelt, qui en écrivit la préface, le livre de M. Farman ne pouvait manquer de trouver beaucoup de lecteurs. Aussi sa première édition, publiée il y a deux ans, est-elle maintenant épuisée. Ce succès nous dispense d'insister sur la valeur de la seconde édition qui vient de paraitre et qui sans nul doute trouvera, comme la première, le meilleur accueil auprès de ceux qui s'intéressent à l'industrie des automobiles.

M. Farman a profité de cette édition pour mettre au point différentes parties de l'ouvrage qui, vu les progrès incessants réalisés dans la construction des automobiles, avaient déjà vieilli, mais le plan général de l'ouvrage est resté le même.

Au début l'auteur présente sous une forme fort concise et néanmoins très claire, les notions cependant délicates d'entropie, de transformations isothermiques et adiabatiques dont il fait usage plus loin dans un exposé de la théorie générale des divers genres de moteurs, à vapeur, à gaz et à pétrole. Quelques notions sur les principes des accumulateurs et des moteurs électriques terminent la partie théorique de l'ouvrage.

Dans la partie descriptive M. Farman examine successivement les principaux des différents systèmes de traction par la vapeur, l'air comprimé, le pétrole, l'électricité. En général il se limite à la description des systèmes particulièrement applicables aux automobiles routières ; toutefois à propos de l'application de la vapeur il décrit le système Serpollet pour tramways, et dans le chapitre consacré aux automobiles à air comprimé, il est obligé de ne donner que la description des automobiles de tramways des systèmes Popp et Conti, faute d'avoir à signaler des applications de l'air comprimé aux automobiles sur route.

Un résumé du rapport sur les automobiles ayant pris part à la course du « Times-Herald » de Chicago et quelques notes sur la conduite d'une automobile terminent l'ouvrage.

Nécessairement, l'auteur n'a pu examiner dans quatre cents pages tous les systèmes d'automobiles qui ont été proposés ou même essayés ; il a dû faire un choix parmi eux. La plus large place appartient aux systèmes à pétrole ; c'est justice puisque c'est grâce aux automobiles à pétrole que l'automobilisme doit son rapide essor. Toutefois il est regrettable que les automobiles électriques ne soient représentées dans l'ouvrage que par trois véhicules, l'omnibus de M. Jeantand qui a pris part à la course Paris-Bordeaux, l'électrobat de MM. Morris et Salom qui a concouru à Chicago et un dog-cart de M. Bogard. Il est à craindre, en effet, que ces descriptions de types de voitures tout à fait démodés, et les réflexions désobligeantes pour l'électricité qui les accompagnent, induisent en erreur le lecteur non au courant des derniers perfectionnements apportés aux automobiles électriques, perfectionnements qui permettent à ces automobiles de lutter avec les automobiles à pétrole, avantageusement dans certains cas, comme l'ont prouvé de récentes épreuves.

A B C du conducteur d'automobiles, par D. Farman. Un vol. in-8, 160 pages, 52 figures, *J. Fritsch*, 30, rue Jacob, éditeur. Prix, cartonné, 2,50 fr.

Tout à fait pratique, ce petit volume est en quelque sorte le complément du précédent pour les possesseurs d'automobiles à pétrole. M. Farman y examine les conditions de bon fonctionnement des moteurs à pétrole, des transmissions, etc , et les moyens de remédier à un mauvais fonctionnement. Il donne ensuite la description des principaux types de voitures à pétrole utilisées actuellement, puis des conseils pratiques sur les précautions à prendre avant, pendant et après une excursion, les formalités que doit remplir un conducteur d'automobile pour se mettre en règle avec la Préfecture de police, enfin, le texte de l'ordonnance du 14 août 1893 sur les automobiles circulant à Paris.

Constructeur d'automobiles, M. Farman était particulièrement documenté pour écrire ce volume qui ne peut manquer de rendre d'utiles services aux amateurs d'automobilisme.

Eclairage, par L. Galine, ingénieur des arts et manufactures, et B. Saint-Paul, conducteur municipal, chef du service technique de l'éclairage de la première section de Paris. Un vol. in-8° relié, 422 pages, 220 figures, de la Bibliothèque du conducteur de travaux publics. *Veuve Ch. Dunod*, 49, quai des Grands-Augustins, éditeur.

Consacré à l'éclairage en général, l'ouvrage comprend cinq parties consacrées respectivement aux diverses matières utilisées pour l'éclairage public et l'éclairage privé : huile végétale, huiles minérales, gaz de houille, gaz spéciaux (acétylène, gaz riche, gaz de bois, etc.), et enfin à l'éclairage par l'électricité.

Dans chacune des quatre premières parties les auteurs décrivent les procédés les plus récents employés pour l'obtention des matières livrées au consommateur ; puis les appareils d'utilisation. La partie consacrée au gaz de houille est nécessairement la plus importante. Elle ne comprend pas moins de quatre chapitres : le premier traite de la production du gaz et de l'utilisation des sous-produits ; le second est consacré à l'appareillage employé pour sa distribution (conduites, branchements, siphons, robinets, compteurs, etc.) ; dans le troisième, fort étendu, on trouve une description des principaux types de brûleurs (à air libre, intensifs, à air chaud, à incandescence, à gaz carburé) et des appareils de réglage des brûleurs ; enfin le quatrième fournit des renseignements intéressants sur l'éclairage privé et sur l'éclairage public par le gaz.

Avec les gaz spéciaux nous entrons dans le domaine de l'électricité, celui de ces gaz considéré en premier lieu étant l'acétylène ; la fabrication du carbure de calcium, celle de l'acétylène, la description des brûleurs, des lampes portatives, de la réglementation de ce système d'éclairage, sont autant de points successivement envisagés.

Dans les deux chapitres consacrés à l'éclairage par l'électricité, les auteurs considèrent d'abord l'éclairage par arc ; ils décrivent quelques-uns des nombreux systèmes de lampes à arc aujourd'hui sur le marché, les classant en : régulateurs en série ou à intensité constante, en dérivation ou à potentiel constant, différentiels ou à résistance constante ; ils disent ensuite quelques mots sur les bougies électriques et passent aux lampes à incandescence ; enfin ils examinent le montage des lampes et décrivent à ce propos quelques-uns des nombreux accessoires des lampes.

Dans un tel ouvrage, la photométrie pratique devait nécessairement trouver place. Les auteurs y consacrent un chapitre où, après l'exposé des méthodes de mesures de l'éclairement, ils développent quelques considérations générales sur l'utilisation de la lumière et sur la quantité de lumière requise pour obtenir un éclairement convenable, soit sur la voie publique, soit dans les salles de fêtes, soit dans les appartements.

Un dernier chapitre nous donne un exemple de l'établissement d'un projet pour l'éclairage d'une ville de 10 000 habitants, soit par le gaz, soit par l'électricité.

Ce dernier chapitre, particulièrement intéressant, indique, aussi bien que le titre de la Bibliothèque dont fait partie l'ouvrage, le but de celui-ci : donner aux agents municipaux chargés du service de l'éclairage toutes les données nécessaires pour les mettre en état non seulement de surveiller leur service, mais encore d'y apporter les perfectionnements qui résultent du progrès de chaque jour. D'ailleurs, écrit avec soin, avec clarté et avec méthode, ce volume constitue en même temps un excellent ouvrage de vulgarisation, fait assez rare à notre époque de publication intensive pour mériter d'être signalé. J. R.

La dynamo. Modèle démontable en carton avec description ; par Christophe Volkert. *E. Bernard et Cie*, 53 ter, quai des Grands-Augustins, Paris.

L'originalité de cette plaquette consiste en ce qu'elle contient une planche en couleurs formée de plusieurs feuilles découpées et superposées qui, en les ouvrant, donnent diverses vues et coupes longitudinales des diverses parties d'une dynamo.

Cette planche, très improprement appelée modèle démontable en carton, a sur les modèles en bois démontables l'incontestable avantage de coûter beaucoup moins cher. Mais au point de vue de l'enseignement élémentaire elle a, sur ces modèles, outre le désavantage d'être assez fragile, celui de ne pas donner une idée suffisamment nette du relief des divers organes. Quant à ceux qui savent lire un dessin, et ils sont maintenant nombreux, ils lui préféreront certainement une série de coupes cotées. Néanmoins elle ne peut que faciliter aux débutants la compréhension de la description qui l'accompagne, de la machine à courant continu du type Siemens et Halske, et cette innovation méritait d'être signalée, en souhaitant toutefois qu'à l'avenir elle

soit appliquée à la description d'une machine de construction française.

Cette description est précédée d'un exposé des phénomènes électriques et magnétiques nécessaires à l'explication élémentaire du fonctionnement de la dynamo. Quoique court, cet exposé est suffisamment complet; les faits expérimentaux et les déductions qu'on en peut tirer sont présentés avec assez de rigueur, et nous n'aurions qu'à féliciter l'auteur de la façon dont cette introduction est écrite, si nous n'y avions rencontré une explication assez bizarre de la production de l'électricité par contact. Cette partie de l'exposé eût gagné à être remaniée par un traducteur au courant des idées admises en France sur ce sujet; il serait également désirable que quelques expressions techniques fussent traduites plus correctement.

J. R.

CHRONIQUE

Société internationale des électriciens. — La dernière séance, du 9 novembre, de cette Société, a débuté par une communication de M. Pellissier sur la *Tarification de l'énergie électrique des stations centrales*, dans laquelle l'auteur a examiné successivement les tarifs ordinairement en usage, les tarifs rationnels qui font payer au consommateur un prix dépendant rationnellement de la puissance qu'il exige et de l'énergie qu'il consomme, et enfin les tarifs composés, tels que celui de Wright, qui cherchent à faire intervenir ces deux facteurs d'une façon pratique. Nos lecteurs trouveront la plupart des renseignements relatifs à ces questions dans l'article qu'a publié M. Pellissier, dans le numéro de ce journal, du 18 septembre 1897 (t. XII, p. 537).

M. de Marchena a ensuite décrit les *Tramways à traction mixte de Pantin à Paris*, dont une description a été donnée dans le numéro du 11 juin 1898 (t. XIII, p. 455). Quelques renseignements complémentaires seront donnés dans le prochain numéro.

La séance s'est terminée par une communication de M. Maurice Leblanc, dans laquelle l'auteur a indiqué sommairement le principe d'un *Nouveau système d'excitation des machines à courants alternatifs, génératrices ou réceptrices, à voltage constant*. Ce système sera prochainement exposé avec détails dans nos colonnes.

Procédé de tannage électrique Burton. — Dans son numéro du 15 octobre *The Electrical World* nous fournit les quelques renseignements suivants sur ce procédé exploité aux Etats-Unis par la United States Electrical Leather Process Company, de Boston :

Le courant électrique est employé non seulement pour activer l'opération du tannage proprement dit, mais encore l'épilage des peaux et la préparation de la solution tannique.

Pour l'épilage, les peaux sont placées dans une caisse rectangulaire de faible profondeur, munie d'un double fond, remplie d'eau tenant en suspension de la chaux et de l'arsenic. Aux deux extrémités de la caisse sont plongées une cathode en plomb et une anode en charbon. Une roue à ailettes située à l'un des bouts maintient la solution en mouvement. On fait passer le courant pendant 15 à 20 minutes; les peaux restent dans la solution pendant 30 à 60 minutes, quelquefois plus longtemps; elles sont alors prêtes à subir l'épilage mécanique. L'opération complète, qui demande de 10 à 20 jours dans le procédé ordinaire, est très rapidement effectuée.

Les peaux épilées sont jetées dans une seconde caisse semblable contenant une solution riche en tanin. On fait passer, pendant 15 minutes environ, un courant donnant lieu à une différence de potentiel entre les bornes variant de 6 à 20 volts. Les peaux sont ensuite abandonnées dans la caisse pendant un temps qui varie suivant leur épaisseur : pour les peaux de veau, deux à trois jours suffisent; pour les peaux de vache il faut une douzaine de jours pour obtenir un excellent tannage.

Pour la préparation des solutions tanniques on met les sacs d'écorces dans une grande caisse contenant de l'eau où passe un courant électrique assez intense pour que l'eau se trouve portée à l'ébullition. Les vapeurs produites qui entraînent des produits utiles sont condensées dans un serpentin et les eaux recueillies sont ajoutées à la solution tannique. L'épuisement des écorces qui, par le procédé ordinaire, exige environ trois semaines, ne demande ainsi que trente minutes.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 26 Novembre 1898 6e Année. — N° 48.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES (1)

SYSTÈME A.-L. RIKER

La première voiture électrique construite par M. A.-L. Riker, de Brooklyn, a remporté le premier prix de la course de véhicules automobiles organisée à Providence, le 7 septembre 1896, à propos de l'exposition de l'Etat de Rhode Island.

C'était un dog-cart à 4 places dos à dos, dont le châssis était construit en tubes d'acier et muni de roues métalliques à rayons tangents avec roulements à billes et bandages pneumatiques ; la direction se faisait par essieu brisé à l'avant, tandis que les roues d'arrière étaient motrices ; chaque roue était attaquée indépendamment par un moteur de 2,200 kilowatts, ce qui permettait d'atteindre une vitesse de 40 km : h. La vitesse normale pour laquelle les moteurs étaient calculés, ainsi que la batterie, était de 16 km : h. Le parcours total dans ces dernières conditions était d'environ 65 à 80 km, suivant l'état des routes et leur profil.

Chaque moteur, du type cuirassé, pesait 82 kg environ ; il attaquait la roue correspondante par un simple harnais d'engrenages donnant une réduction de 5 : 1. Les engrenages étaient aussi contenus dans une enveloppe hermétique. Un frein à bande était placé sur un tambour solidaire de l'arbre de chaque moteur.

La batterie se composait de 32 éléments au chlorure de plomb, de The Electric Storage Battery C°, de Philadelphie, d'une capacité normale de 100 ampères-heure. Elle pesait 365 kg environ.

Le combinateur, commandé par un volant placé sur le côté de la voiture, permettait d'obtenir, par groupement des batteries, les quatre vitesses suivantes : 8 km : h ; 16 km : h ; 30 km : h ; 40 km : h ; en tournant le volant vers l'avant, on obtenait la marche en avant et, en le tournant vers l'arrière, la marche arrière.

Le poids total de la voiture était de 680 kg ; il atteignait 815 kg lorsqu'on employait des batteries supplémentaires.

L'inventeur déclarait avoir correspondu

(1) Voir dans *L'Éclairage Électrique* les descriptions des automobiles de la Compagnie française des voitures électromobiles (t. XVI, p. 27, 2 juillet 1898), Mildé-Mondos (t. XVI, p. 140, 23 juillet 1898), O. Patin (t. XVI, p. 188, 30 juillet 1898), Bouquet-Garcin-Schivre (t. XVI, p. 453, 10 septembre 1898), et le Concours de voitures de place automobiles (t. XV, p. 494, 18 juin, t. XVI, p. 60, 9 juillet, t. XVII, p. 16, 1er octobre 1898).

avec tous les fabricants d'accumulateurs en Amérique et en Europe, et n'avoir pas obtenu de capacité plus élevée que 12 watts-heure par kilogramme y compris les plaques, l'électrolyte et la caisse en ébonite (élément au chlorure de plomb, type 3 M.), ce qui limitait la durée du parcours à 4 ou 5 heures, à la vitesse de 16 km : h.

A la suite de ce premier succès, M. Riker construisit différents autres modèles, notamment une voiture pesant en tout 640 kg, et pouvant atteindre une vitesse de 64 km : h; ses roues arrière avaient 0,914 m de diamètre et les roues d'avant 0,815 m.

Les roues en bois à rayons directs qu'il avait essayées lui donnèrent de mauvais résultats, les efforts de traction nécessaires pour atteindre les vitesses cherchées les ayant toujours brisées.

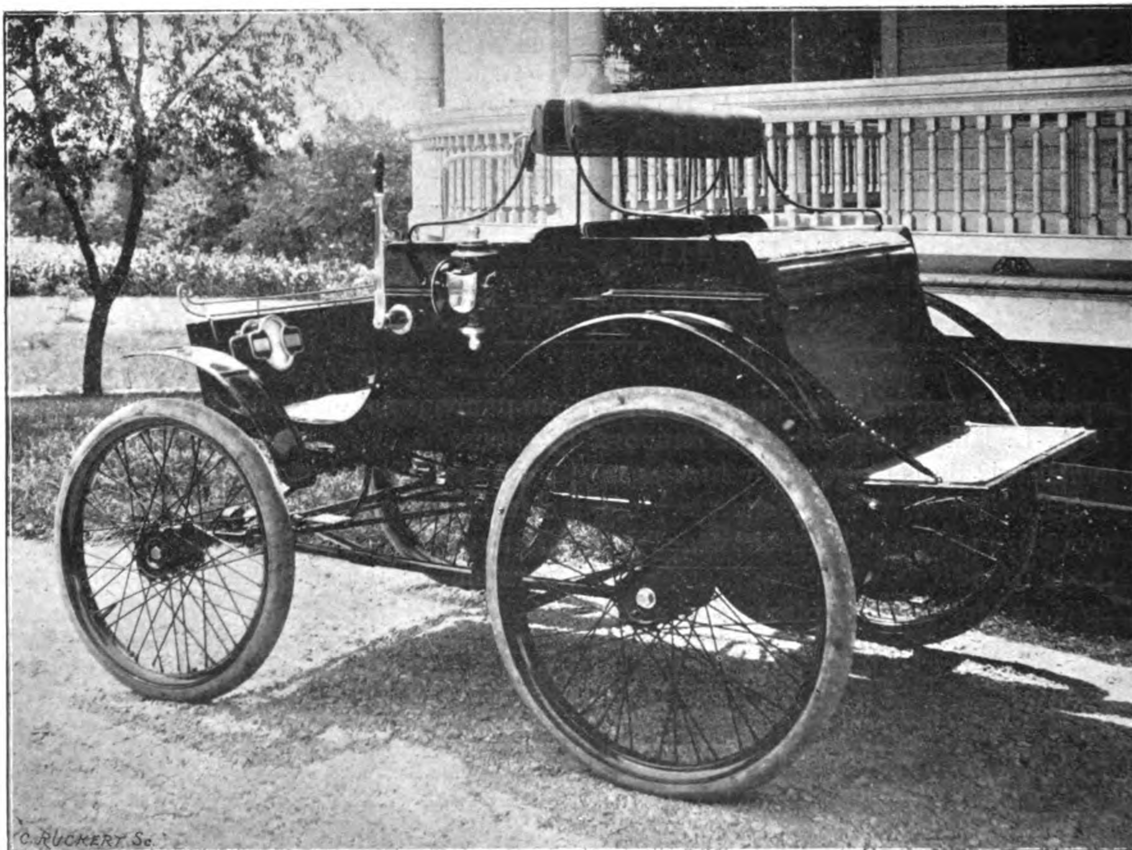


Fig. 1. — Dos à dos électrique de M. A.-L. Riker.

Il renonça également à l'emploi de deux moteurs indépendants qui avaient l'avantage de supprimer le différentiel, mais qui à puissance égale coûtaient plus cher qu'un seul moteur, avaient un moindre rendement et un plus grand poids.

Les essais les plus intéressants de cet inventeur ont porté sur la possibilité de substituer les accumulateurs plomb-zinc aux éléments ordinaires.

Les plaques positives de ses éléments sont en plomb. La plaque négative est en cuivre recouvert électrolytiquement de zinc ; elle est continue et enveloppe les plaques positives en serpentant. La force électromotrice moyenne d'un élément est de 2,3 volts et sa force électromotrice maxima de 2,5 volts. Chaque élément comprenait six plaques positives de 165 × 153 mm de côtés et de

4,75 mm d'épaisseur, pesant environ 0,8 kg.

A la tension moyenne de 2,3 volts par élément, la batterie avait une capacité de 150 ampères-heure au régime de 15 ampères et de 120 ampères-heure au régime de 30 ampères.

Une batterie de ce genre, de 36 éléments avec vases en ébonite, avait une tension



Fig. 2. — Victoria électrique de M. A.-L. Riker.

de 83,8 volts et pesait 345 kg, tout compris. Au régime de 10 heures, elle avait bien une puissance spécifique de 3,64 watts : kg et une énergie spécifique de 36,4 watts-h : kg. Au régime de 4 heures, sa puissance spécifique atteignait 7,29 watts : kg et son énergie spécifique tombait à 29,15 watts-heure : kg. Les renseignements publiés sur ces éléments ne sont pas encore suffisants pour qu'on puisse porter un jugement à leur sujet.

Nous reproduisons (fig. 1 et 2) deux modèles de voitures construites récemment par cet inventeur. Le premier est du même type que les voitures à chevaux connues en Amérique sous le nom de « traps » ; c'est un dos-à-dos à 4 places. Le second est une victoria d'une

forme très élégante ; c'est certainement une des électromobiles construites jusqu'ici dont l'aspect est le plus agréable.

Voici les détails de construction du modèle représenté en figure 1.

La caisse qui contient la batterie d'accumulateurs est montée sur un châssis ou truck indépendant par quatre ressorts pincettes, deux à chaque extrémité.

Le châssis est en tubes d'acier de 32 mm de diamètre.

Les roues métalliques à rayons tangents sont munies de pneumatiques de 76,2 mm de diamètre ; les roues d'arrière, motrices, ont 0,914 m de diamètre ; les roues d'avant, directrices, ont 0,813 m de diamètre.

Ces dernières sont montées de la façon suivante : le tube d'acier transversal placé à l'avant sert d'essieu fixe et fait saillie de chaque côté de la voiture, où il est terminé par un axe vertical sur lequel pivote un tambour métallique ; le moyeu de la roue est enfilé sur ce tambour sur lequel elle tourne par l'intermédiaire de deux rangées de billes en acier ; l'axe vertical est dans le plan vertical passant par le point de contact de la roue avec le sol. La direction est donnée par un système de leviers commandés par un guidon et qui sont reliés à un bras horizontal fixé sur le tambour précédent. Les deux roues se déplacent parallèlement.

Le frein à ruban, qui agit sur une poulie montée sur l'arbre du moteur, est actionné par une pédale ; un frein à sabots agit sur le bandage des roues d'arrière ; il est actionné par le levier latéral de gauche.

Il n'y a qu'un seul moteur qui attaque l'essieu d'arrière, mobile, sur lequel sont fixées les roues motrices ; cet essieu est coupé en son milieu en deux parties réunies par le différentiel ; le pignon du moteur engrène directement avec la roue dentée montée sur le tambour du différentiel. Tous les engrenages tournent dans l'huile.

Le moteur, enroulé en série, a été calculé spécialement et construit par la Riker Electric Motor Company ; sa carcasse est rectangulaire et porte quatre projections polaires, dont deux seulement sont munies d'enroulements inducteurs sectionnés ; elle est en acier fondu.

Les côtés par où pénètre l'arbre de l'armature sont entièrement fermés par des plaques en aluminium munies de couvercles à charnière au-dessus du commutateur et des frotteurs.

L'armature en tambour est formée de cadres faits à la machine et placés dans un noyau denté.

Le moteur est suspendu à l'arrière par deux bras fixés sur un des tubes du châssis et à l'avant par un double ressort à boudin.

Sa puissance normale est de 2 kilowatts, à 80 volts, mais il peut supporter sans danger des surcharges importantes ; il pèse, complet, 65 kg ; sa vitesse angulaire est de 1 000 t : m.

La batterie est formée de 36 éléments plomb-zinc dont nous avons donné plus haut les caractéristiques ; elle est divisée en quatre groupes de 9 éléments.

Le combinateur est commandé par le levier vertical placé sur la gauche du siège ; lorsque ce levier est dans la position verticale, la voiture est à l'arrêt ; lorsqu'on l'abaisse vers l'avant ou vers l'arrière, on obtient respectivement la marche avant ou la marche arrière. Le cylindre porte-contacts, placé sous le siège d'avant, permet d'obtenir, par groupements série-parallèle des batteries sur le moteur, les quatre vitesses suivantes en avant : 4,8 ; 9,6 ; 19,2 ; 24 km : h, et les deux vitesses arrière de 4,8 et 9,6 km : h.

Des dispositions particulières ont été prises pour rendre la manœuvre de cette voiture pour ainsi dire automatique.

Un coupe-circuit à maximum interrompt le passage du courant lorsque celui-ci atteint une valeur qui serait dangereuse pour le moteur ; le mécanisme de ce coupe-circuit enclenche avec le combinateur, en sorte que la voiture ne peut être remise en marche avant que le contrôleur ait été ramené à la position de repos, ce qui a pour effet de rétablir le coupe-circuit à sa position normale. L'électro-

aimant du coupe-circuit est à double enroulement; l'un de ceux-ci est dans le circuit principal, comme nous venons de l'expliquer; l'autre est commandé par la pédale du frein afin que le courant ne puisse être maintenu sur les moteurs quand les freins sont appliqués.

Un coupe-circuit spécial, manœuvré par une clef dont la disposition change pour chaque voiture permet d'éviter qu'un étranger puisse mettre la voiture en marche en l'absence de son propriétaire.

Des appareils de mesure sont placés à portée de la vue du conducteur et servent pendant la marche et pendant la charge.

Un wattmètre enregistreur est monté aussi dans le circuit; un commutateur spécial change la direction du courant dans cet appareil à la charge et à la décharge.

Un commutateur à trois pôles et à deux directions est placé sous le siège d'avant; pour changer les batteries, on le met dans la position convenable et il relie alors les batteries à la source par l'intermédiaire du combinateur et des appareils automatiques précédemment décrits; la batterie ne peut être chargée tant que le combinateur n'est pas dans la position d'arrêt.

Le wattmètre enregistreur commande un coupe-circuit lorsqu'il est revenu au zéro, c'est-à-dire lorsque la batterie est complètement chargée.

La tension de charge normale est de 110 volts; un dispositif particulier permet de charger la batterie avec une source quelconque soit en mettant le moteur hors circuit et en groupant convenablement les batteries lorsque la tension de la source est inférieure à 110 volts, soit en intercalant un rhéostat dans le circuit de charge si l'on a, par exemple, recours à des courants de tramways à 500 volts.

Le poids total de la voiture est de 825 kg; sur bonnes routes, elle peut effectuer un parcours total de 65 à 80 km, à la vitesse de 19,3 km : heure. G. PELLISSIER.

ÉTUDE DES MOTEURS A CHAMPS TOURNANTS [1]

IX. — FORMULES APPLICABLES AUX MOTEURS ASYNCHRONES A CHAMPS TOURNANTS MULTIPOLAIRES ABSTRACTION FAITE DES PERTES PAR HYSTÉRÉSIS ET COURANTS DE FOUCAULT MAIS EN AYANT ÉGARD AUX PERTES DE FLUX DUES A LA DISPERSION MAGNÉTIQUE.

A. — ÉTABLISSEMENT DES FORMULES

a). *Force magnétomotrice de dispersion, flux de dispersion, forces électromotrices en jeu.* — Soient (fig. 31) F_1, F_2 et Φ R du triangle OQP les forces magnétomotrices du circuit magnétique principal. La force magnétomotrice F_2 de l'induit est dirigée suivant OM.

La force magnétomotrice du circuit des pertes de flux entre les deux enroulements inducteur et induit est variable. Entre l'entrefer et l'enroulement de l'induit, elle est Qc et résulte de la force contre-magnétomotrice F_2 et de la force magnétomotrice effective Pc dans l'induit; dans l'entrefer elle est moyennement Qb et entre l'enroulement inducteur et l'entrefer, elle vaut Qa et est due à F_2 et à la force magnétomotrice effective dans l'induit et l'entrefer ou Pa. La dernière partie des pertes étant la plus importante, avec celle qui se produit latéralement aux faces de l'inducteur, dans l'enroulement en tambour, et extérieurement dans l'enroulement en anneau, nous admettrons que la force magnétomotrice des pertes est simplement celle de l'in-

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 10 septembre, des 15 et 29 octobre et du 12 novembre, t. XVI, p. 437; t. XVII, p. 89, 186 et 272.

ducteur, F_1 ou $K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{2p}$ et que le flux des pertes ou de dispersions magnétiques est en phase avec les courants inducteurs.

Appelons φ_1 ce flux de dispersions.
La figure 31 donne :

$$\Phi R = F_1 \cos\varphi = \varphi_1 Rp \cos\varphi,$$
$$\varphi_1 = \frac{F_1}{\mathcal{R}p} = K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{\mathcal{R} 2p}.$$

Une portion très minime du flux φ_1 coupe les circuits induits, mais l'effet qu'elle produit est insignifiant et peut être négligé. Nous ne

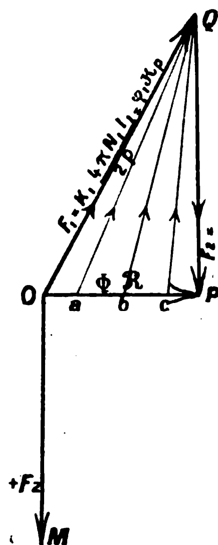


Fig. 31. — Forces magnétomotrices de dispersions.

tiendrons compte que de la force électromotrice produite dans les circuits inducteurs par tout le flux de pertes évalué à l'aide des règles énoncées antérieurement. Cette force électromotrice s'exprime par la relation

$$E_{s_1} = k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1}.$$

Elle est normale à OQ ou φ_1 ou F_1 ou I_1 et en retard de 90° sur ces derniers.

L'épure des forces magnétomotrices que nous avons indiquées pour les moteurs polyphasés asynchrones sera donc simplement complétée par cette force électromotrice nouvelle E_{s_1}.

b). *Self-induction de dispersion de l'inducteur.* — Si le moteur possède des voiles continus en fer entre les enroulements inducteur et induit et l'entrefer, ce qui est maintenant une exception, le flux φ_1 varie avec la perméabilité dans une proportion qui ne permet plus d'en faire abstraction. Dans le cas contraire, la perméance du circuit des pertes de flux est sensiblement constante et on peut comparer le phénomène à celui d'une self-induction spéciale que nous appellerons self-induction de dispersion de l'inducteur. La force électromotrice de self-induction de dispersion est fournie par les relations :

$$E_{s_1} = k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1} = \omega_1 l'_1 I_1,$$
$$\varphi_1 = K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{\mathcal{R}_p 2p}, \qquad (56)$$

et

$$E_{s_1} = \frac{K_1 k_1}{m_1} \frac{4\pi N_1^2}{\mathcal{R}_p 4p} \omega_1 I_1 = \omega_1 l'_1 I_1.$$

d'où l'on tire :

$$l'_1 = \frac{K_1 k_1}{2m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathcal{R}_p 2p} = \frac{E_{s_1}}{\omega_1 I_1} \qquad (57)$$

Telle est la valeur du coefficient de self-induction de dispersion.

c). *Épure des forces électromotrices et formules.* — L'épure des forces magnétomotrices est dessinée ci-contre sur la figure 32. Elle est suffisamment exacte pour la pratique, pour autant que la réluctance $\mathcal{R}$ du circuit principal soit établie en tenant compte du flux des pertes dans l'évaluation de la perméabilité du métal.

Les formules (18) à (22) sont applicables.

Les formules (22 *bis*) et (22 *ter*) subsistent s'il s'agit des forces électromotrices E_1 ou OG et des courants inducteurs I_1, mais sont à transformer si l'on a en vue le calcul de la force électromotrice appliquée ON ou E'_1. On a :

$$E'^2_1 = \overline{MS}^2 + \overline{NV}^2 = (R_1 I_1 \sin\varphi + k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1} + k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1} \cos\varphi)^2 + (k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1} \sin\varphi - R_1 I_1 \cos\varphi)^2. \qquad (58)$$

En faisant $\frac{K_1 k_1}{2m_1} \frac{4\pi N^2_1}{\mathfrak{R} p\ 2p} = l'_1 =$ coefficient de self-induction de l'inducteur par rapport au circuit magnétique des pertes de flux, on trouve :

$$E^2_1 = I^2_1 \frac{R^2_1 R^2_2 + [\omega_1 R_2 (L'_1 + l'_1) + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2]^2 + \omega^2_1 (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2 l'^2_1 - 2 R_1 R_2 \omega_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 l'_1}{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2} \quad (59)$$

$$I^2_1 = E'^2_1 \frac{R^2_2 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2}{R^2_1 R^2_2 + [\omega_1 R_2 (L'_1 + l'_1) + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2]^2 + \omega^2_1 (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2 l'^2_2 - 2 R_1 R_2 \omega_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 l'_1} \quad (60)$$

Les formules (23) et (24) deviennent

$$C = \frac{m_2}{2} M^2_1 p E'^2_1 \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + [\omega_1 R_2 (L'_1 + l'_1) + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2]^2 + \omega_1^2 (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2 l'^2_1 - 2 R_1 R_2 \omega_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 l'_1} \quad (61)$$

$$C = A \frac{E'^2_1}{\mathfrak{R}^2} \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + [\omega_1 R_2 (L'_1 + l'_1) + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2]^2 + \omega^2_1 (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2 l'^2_1 - 2 R_1 R_2 \omega_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 l'_1} \quad (62)$$

La *force électromotrice appliquée* est donnée par les relations (58) et (59).

Si on peut négliger $R_1 I_1$:

$$E'^2_1 = \left(k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2 m_1} \cos \varphi + k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1}\right)^2 + \left(k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2 m_1} \sin \varphi\right)^2$$

$$= k^2_1 \omega^2_1 \frac{N^2_1}{4 m^2_1} \left[(\Phi + \varphi_1 \cos \varphi)^2 + \varphi^2_1 \sin^2 \varphi\right]$$

$$= k^2_1 \frac{\omega^2_1 N^2_1}{4 m^2_1} (\Phi^2 + \varphi^2_1 + 2 \Phi \varphi_1 \cos \varphi). \quad (63)$$

$$E'^2_1 = I^2_1 \omega^2_1 \cos^2 \varphi [(L'_1 + l'_1)^2 + l'^2_1 \operatorname{tg}^2 \varphi] \quad (64)$$

Au synchronisme, θ et θ'_1 sont sensiblement égaux à 90°.

$$E'_1 = k_1 \omega_1^2 \frac{N_1}{2 m_1} (\Phi + \varphi_1) = \omega_1 I_1 (L'_1 + l'_1) \quad (65)$$

Au démarrage, φ et φ'_1 approchent de 90°.

$$E'^2_1 = \left(R_1 I_1 + k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1}\right)^2 + \left(k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1}\right)^2$$

$$E'^2_1 = (R_1 I_1 + \omega_1 L'_1 I_1 \cos \varphi)^2 + (\omega_1 l'_1 I_1)^2 \quad (66)$$

Les formules (28) à (34) relatives aux décalages subsistent.

On peut ajouter :

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{R^2_2 \lambda_1}{R_1 R^2_2 + R_1 \lambda^2_2 + R_2 \lambda_1 \lambda_2},$$

$$\operatorname{tg} \theta' = \frac{R^2_2 (\lambda_1 + \lambda'_1) + \lambda^2_2 \lambda^2_1}{R_1 R^2_2 + R_1 \lambda^2_2 + R_2 \lambda_1 \lambda_2} \text{ où } \lambda'_1 = \omega l'_1 \quad (67)$$

$$\operatorname{tg} (\theta + \varphi) = \frac{\lambda_2}{R_2} + \frac{\lambda_1}{R_1}, \quad \operatorname{tg} (\theta' + \varphi) = \frac{\frac{\lambda_2}{R_2} + \frac{\lambda_1}{R_1} + \frac{\lambda'_1}{R_1}}{1 - \frac{\lambda_2}{R_2} \frac{\lambda'_1}{R_2}} \quad (68)$$

La formule (35) est directement applicable et celle qui porte le n° (36) doit avoir θ et E_1 changés en θ' et E'_1.

La puissance fournie est :

$$P_t = \frac{m_1}{2} E'_1 I_1 \cos \theta'. \quad (69)$$

Les relations (37) et (38) sont également exactes pour le cas considéré.

B. — Fonctionnement sous courants inducteurs constants

On peut modifier très facilement l'épure de la figure 29, en tenant compte de la dispersion magnétique. Il suffit de porter la valeur $\omega_1 l'_1 I_1$ en xx' ou 11′ et de décrire une circonférence égale à FD de x' comme centre, puis, des points de division 1, 2, 3... de mener des parallèles 11′, 22′, 33′,.... à FD jusqu'à la nouvelle circonférence. Les forces électromotrices appliquées E'_1 sont représentées par o1′, o2′, o3′...

Si la self-induction de dispersion l'_1 n'est pas sensiblement constante, et si on connait sa variation, on peut faire varier l'_1 et la force électromotrice Es_1 correspondante en conséquence. Les directions de cette force électromotrice seront toujours les mêmes, mais elles n'aboutiront plus sur une demi-circonférence X.

La figure 29 nous donne les principales modifications apportées aux résultats antérieurs par la dispersion magnétique.

La courbe du couple ne change pas si l'on a calculé les réluctances comme il a été dit. Il en est de même des courants induits.

Les forces électromotrices appliquées ainsi que leurs décalages par rapport aux courants inducteurs augmentent de sorte que le facteur de puissance cos θ' diminue pour un même couple. Pour le couple maximum, notamment, la tension passe de 117 à 125 volts, le décalage de 43 à 49°,5, cos θ' de 0,73 à 0,65. La force électromotrice appliquée au démarrage devient OE, dans le triangle OER au lieu de OR.

Pour calculer l'_1 nous avons compté sur une dispersion un peu forte, de façon à en obtenir un tracé bien clair, $l'_1 = \frac{L'_1}{10}$, sensiblement.

On voit qu'en somme le tracé graphique peut se résumer au quart supérieur et de gauche de la figure et aux courbes des flux, des courants induits et des couples bruts. En effet, si

$$F_1 D = OQ : F_1 G = \omega_1 M_2 I_2 \text{ ou } K_2 \frac{4\pi N_2}{2p} I_2 \text{ ou } \Phi_2$$

$$\text{ou } I_2 \text{ ou } E_2 \text{ et } DG = k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1} \text{ ou } \Phi R \text{ ou } \Phi,$$

$$OG = E_1 \psi' = OE'_1 \text{ et } oD = R_1 I_1.$$

On pourrait répéter ici, avec la notion de dispersion, les calculs que nous avons faits antérieurement (§ VIII), sans tenir compte de la dispersion du flux. Ils sont applicables.

Nous compléterons seulement par la détermination de la force électromotrice au synchronisme et au démarrage.

Au synchronisme, la formule (65) peut être utilisée directement

$$E'_1 = \omega_1 I_1 (L'_1 + l'_1)$$

ou

$$E'_1 = k_1 \omega_1 \frac{N'}{2m_1} (\Phi + \varphi_1)$$

qui peut servir avantageusement après la détermination de Φ et de φ_1 en se servant de courbes d'Hopkinson et des relations :

$$\Phi = K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{R 2p}$$

$$\varphi_1 = K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{R_p 2p}$$

Au démarrage, le diagramme des forces électromotrices est celui de la figure 33.

φ approche de 90°

$$DG = R_2 I_2 \frac{k_1 N_1 m_2}{k_2 N_2 m_1}; \qquad (70)$$

$$\text{si } k_1 = k_2 \text{ et } m_1 = m_2$$

$$DG = R_2 I_2 \frac{N_1}{N_2}.$$

$$\omega_1 l'_1 I_1 = k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1} \text{ et } \varphi_1 = K_1 \frac{4\pi N_1 T_1}{R_p 2p}.$$

La formule est très utile pour l'étude du démarrage sous un courant d'induit I_2 maximum tolérable. Elle peut être transformée parce que au démarrage

$$I_2 = I_1 \frac{K_1 N_1}{K_2 N_2}$$

$$E'^2_1 = \left(R_1 I_1 + R_2 I_1 \frac{K_1 k_1 N^2_1 m_2}{K_2 k_2 N^2_2 m_1}\right)^2 \begin{cases} + \left(k_1 \omega_1 \varphi_1 \frac{N_1}{2m_1}\right)^2 \\ + (\omega_1 l'_1 I_1)^2 \end{cases} \qquad (71)$$

Connaissant E'_1, I_1, R_1 et R_2, à l'essai, au démarrage, on peut calculer φ_1 ou l'_1 assez approximativement par l'équation (71).

C. — Fonctionnement sous tensions constantes d'alimentation

I. *Couples bruts*. — Reprenons la formule (62).

$$C = A \frac{E'^2_1}{\mathfrak{R}^2} \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_2}{R^2_1 R^2_2 + [\omega_1 R_2 (L'_1 + l'_1) + R_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2]^2 + \omega^2_1 (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2 l'^2_1 - 2 R_1 R_2 \omega_1 (\omega_1 - \omega_2) L'_2 l'_1}$$

$$A = \frac{m_2}{2} M^2_1 p \mathfrak{R}^2$$

Si $\mathfrak{R}$, L'_1, L^1_2 et l'_1 sont des constantes, on peut poser :

$$\frac{A E'^2_1}{\mathfrak{R}^2} = B'.$$

Soit R_2 *invariable*.

Au synchronisme, $(\omega_1 - \omega_2) = 0$ et le couple serait nul.

A vide, $(\omega_1 - \omega_2)$ est faible, $\omega^2_1 R^2_2 (L'_1 + l'_1)^2$ a

seul de l'importance au dénominateur et le couple devient

$$C_{syn.} = B' \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{R_2 \omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2} \qquad (72)$$

Au synchronisme, la courbe des courbes est donc tangente à la droite

$$Y'_1 = B' \frac{\omega_1 - \omega_2}{R^2} \times \frac{1}{\omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2} \qquad (73)$$

Le retard $(\omega_1 - \omega_2)$ et la perte dans l'induit, pour couple donné, sont donc encore sensiblement proportionnels à la résistance d'une phase induite vers le synchronisme, mais le couple est diminué [voir (51)] dans le rapport de $\frac{1}{L'^2_1}$ à $\frac{1}{(L'_1 + l'_1)^2}$.

Au démarrage, $\omega_2 = 0$, $(\omega_1 - \omega_2) = \omega_1$, $R^2_1 R^2_2$ est faible et le couple peut s'écrire :

$$C_{dém.} = B' \frac{R_2}{\omega_1 [R^2_2 (L' + l'_1)^2 + R^2_1 L'^2_2 + 2 R_1 R_2 L'_1 L'_2 + \omega^2_1 L'^2_2 l'^2_1]} \qquad (74)$$

On voit que le couple de démarrage est diminué par la dispersion et que, vers le démarrage, il diminue avec le retard suivant les ordonnées d'une courbe concave placée en dessous de l'hyperbole équilatère que l'on obtient en négligeant la dispersion magnétique.

Cette courbe est donc tangente à la courbe suivante et située en dessous

$$Y_2 = B' \frac{R_2}{(\omega_1 - \omega_2) [R^2_2 (L'_1 + l'_1)^2 + R_1 L'^2_2 + 2 R_1 R_2 L'_2 L'_1 + (\omega_1 - \omega_2)^2 L'^2_2 l'^2_1]} \qquad (75)$$

Du synchronisme au démarrage, la courbe des couples est donc encore tangente à une droite et à une courbe concave, elle passe par conséquent par un maximum.

La *résistance d'induit* qui correspond au *couple maximum*, pour un retard donné, se trouve en dérivant la relation (62) par rapport à R_2.

$$R_2 = (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \sqrt{\frac{R^2_1 + \omega^2_1 l'^2_1}{R^2_1 + \omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2}} \qquad (76)$$

Nous avons trouvé $R_2 = (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \sqrt{\frac{R^2_1}{R^2_1 + \omega^2_1 L'^2_1}}$ sans dispersion. On voit que R_2 augmente avec cette dispersion. Dans notre exemple R_1^2 est négligeable et il vient

$$R_2 = (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \frac{l'_1}{L'_1 + l'_1} = (\omega_1 - \omega_2) L'_2 \frac{\mathfrak{R}}{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_p}.$$

La résistance d'induit qui donne le couple maximum pour un retard donné est donc plus grande que lorsqu'il n'y a pas de dispersion magnétique.

Le *retard* qui fournit le *couple maximum*, lorsque R_2 est fixé, est :

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{R_2}{L'_2} \sqrt{\frac{R^2_1 + \omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2}{R^2_1 + \omega^2_1 l'^2_1}} \qquad (77)$$

Approximativement :

$$\omega_1 - \omega_2 = \frac{R_2}{L'_2} \frac{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_p}{\mathfrak{R}} \qquad (78)$$

relation qui montre que la dispersion magnétique recule le point de couple maximum dans la marche à résistance d'induit invariable.

Le facteur des formules (77 et 78) est de 11 dans notre exemple.

Le point de couple maximum qui se produisait pour un retard 27,6 fois plus grand qu'à courant constant sans dispersion, se produit seulement à un retard 11 fois plus grand avec une dispersion telle que $l' = \frac{L'_1}{10}$. Les couples maximum et de démarrage sont aussi diminués.

Le *couple maximum exact* s'obtiendrait en remplaçant $(\omega_1 - \omega_2)$ par sa valeur dans la relation (62).

Déterminons-le en appelant

D le coefficient constant

$$\frac{1}{L'_2} \sqrt{\frac{R^2_1 + \omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2}{R^2 + \omega^2_1 l'^2_1}},$$

approximativement

$$\frac{1}{L'_2} \frac{L'_1 + l'_1}{l'_1} \text{ ou } \frac{1}{L'_2} \frac{\mathfrak{R} + \mathfrak{R}_p}{\mathfrak{R}}$$

La relation (76) donne

$$\omega_1 - \omega_2 = R_2 D, \tag{79}$$

et,

$$C_{max.} = A \frac{E'^2_1}{\mathfrak{R}_2} \times \frac{D}{R^2_1 + [\omega_1 (L'_1 + l'_1) + R_1 D L'_2]^2 + \omega^2_1 D^2 L'_2 l'^2_1 - 2 \omega_1 R_1 D L'_2 l'_1} \tag{80}$$

On voit que, comme toujours, le couple maximum est indépendant de la résistance R_2 du secondaire.

Application. — Reprenons le moteur déjà examiné antérieurement, pour lequel nous faisons

$$l'_1 = \frac{L'_1}{10}$$

$$l'_1 = 1,42 \times 10^{-3}$$

$$Y'_1 = B' \frac{\omega_1 - \omega_2}{R_2} \frac{1}{\omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2} = Y_1 \frac{L'^2_1}{(L'_1 + l'_1)^2}$$

$$= Y_1 \times \left(\frac{10}{11}\right)^2 = 4,43 \times 10^7 \times \frac{100}{121} = 3,66 \times 10^7.$$

$$C_{dém.} = B' \frac{R_2}{\omega_1 [R^2_2 (L'_1 + l'_1)^2 + R^2_1 L'^2_2 + 2 R_1 R_2 L'_2 L'_1 + \omega^2_1 L'^2_2 l'^2_2]} = 49 \times 10^7$$

$$C_{max.} = B' \frac{D}{R^2_1 + [\omega_1 (L'_1 + l'_1) + R_1 D L'_2]^2 + \omega^2_1 D^2 L'^2_2 l'^2_1 - 2 \omega_1 R_1 D L'_2 l'_1} = 87,8 \times 10^7$$

Les courants inducteurs sont, au démarrage, d'après la formule (71)

$$I^2_1 = \frac{E'^2_1}{\left(R_1 + R_2 \frac{K_1 k_1 N^2_1 m_2}{K_2 k_2 N^2_2 m_1}\right)^2 + (\omega_1 l'_1)^2} = 1\,277 \text{ C.G.S.}$$

d'où $I'_1 = 357$ ampères.

Les mêmes courants inducteurs sont, pour le couple maximum :

$$I^2_1 = E'^2_1 \frac{1 + D^2 L'^2_2}{R^2_1 + (\omega_1 (L'_1 + l'_1) + R_1 D L'_2]^2 + \omega^2_1 D^2 L'_2 l'^2_1 - 2 \omega_1 R_1 D L'_2 l'_1} = 600 \text{ C. G. S.}$$

d'où $I_1 = 245$ ampères.

Le courant $I_{1\,max.}$ correspondant au couple maximum est donc indépendant de la résistance R_2 des circuits de l'induit.

Les courants sont donc réduits de 690 et 570 à 357 et 245 ampères et les couples de 187×10^7 et 179×10^7 à $87,8 \times 10^7$ et 49×10^7 par la dispersion. La réduction sur le couple de démarrage est surtout remarquable.

Si l'on admet que le bobinage inducteur de 3,6 mm de diamètre peut supporter 45 ampères maxima (densité de 4,4 amp par mm²), on calcule que le couple correspondant est de $13,7 \times 10^7$ et qu'ainsi le couple maximum vaut 6,4 fois le couple normal, alors que le courant du couple maximum vaut 5,45 fois le courant normal.

Le retard du couple maximum est

$$(\omega_1 - \omega_2) = \frac{R_2}{L'_2} \sqrt{\frac{R^2_1 + \omega^2_1 (L'_1 + l'_1)^2}{R^2_1 + 4 \omega^2_1 l'^2_1}}$$

$$\text{ou } \frac{R_2}{L'_2} \frac{L'_1 + l'_1}{l'_1} = 67,8.$$

Pour atteindre le couple maximum au démarrage, la résistance R_2 de l'induit devrait être majorée dans le rapport de 1 à

$$\frac{\omega_1}{(\omega_1 - \omega_2)} = \frac{251}{67,8} = 3,7$$

et devenir

$$6 \times 3,7 = 2,22 \times 10^{-3} \text{ ohm.}$$

Le courant resterait de 245 amp, soit 5,45 fois le courant normal avec une densité de 24 ampères maxima par mm² dans le fil inducteur.

Nous avons vu antérieurement que sous courant normal (45 amp) et sans dispersion, le couple maximum est de 16×10^7, soit les $\frac{4}{3}$ du couple normal. Pour avoir ce couple au démarrage, il eût fallu augmenter la résistance R_2 dans le rapport de 1 à

$$\frac{\omega_1}{\omega_1 - \omega_2} = \frac{251}{6,2} = 40,5$$

et la faire de $6.10^{-4} \times 40,5 = 2,42 \times 10^{-2}$ ohm

et de section suffisante pour supporter momentanément

$$45 \times \frac{N_1}{N_2} = 202 \text{ ampères}.$$

Le voltage à appliquer aux bornes eût été

$$E'^2_1 = \left(R_1 I_1 + R_2 I_2 \frac{k_1 N_1 m_2}{k_2 N_2 m_1}\right)^2 + (\omega_1 l'_1 I_1)^2 = 362 \text{ volts},$$

d'où

$$E'_1 = 19 \text{ volts}.$$

Pour obtenir ce voltage on aurait réduit la tension primaire par une résistance ohmique ou un transformateur à insérer en circuit au démarrage.

D. — Solution graphique dans l'hypothèse de l'alimentation sous potentiel courant

Revenons un instant à la figure 30.

Si on se donne la force électromotrice appliquée $o3_1$, constante en grandeur, et le courant inducteur correspondant I_1, on peut déterminer exactement le point $3'$ qui est à l'intersection de la circonférence $o3_1$ ou oM avec la circonférence $F3_1$ obtenue en prenant $oD = R_1 I_1$, $DF = \omega_1 I_1 (L'_1 + l'_1)$ ou $FM = \omega l'_1 I_1$, et en traçant une demi-circonférence ayant $\frac{DM}{2}$ comme rayon et passant par F (le centre est le point x). Une fois le point 3_1 obtenu, on a le point $3'$ en portant $\omega_1 l'_1 I_1$ parallèlement à DF en $3_1 3'$.

$o3_1$ donne la force électromotrice constante appliquée E'_1, $3'D$ la force électromotrice d'induction $k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1}$ ou Φ ou ΦR à diverses échelles, $M3'$ la force électromotrice $\omega_1 M_2 I_2$ ou F_2 ou Φ_2 ou I_2 aux mêmes échelles, $oM = \omega'_1 L'_1 I_1$ ou Φ_1 ou I_1.

Voici comment on fait la construction pour un régime donné.

oM est la force électromotrice appliquée maintenue constante.

On se donne un courant I_1. On porte $R_1 I_1$ en oD_4, perpendiculairement à oD, $\omega_1 L'_1 I_1$ en OZ_4 et $\omega_1 l'_1 I_1$ ou $Z_4 Z'_4$; à partir de Z'_4, on décrit une demi-circonférence ayant $\frac{DZ_4}{2}$ comme rayon ou $4'''$ comme centre. Cette circonférence coupe la circonférence OM en E qui donne $oE = E'_1$ ou force électromotrice applicable au courant I_1 choisi. La ligne $4,4'$ ou $E4'$ égale et parallèle à $Z_4 Z'_4$ ($4'$ est sur la circonférence DZ_4) donne : $o4' = E_1$, $D4' = k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1}$ ou ΦR ou Φ et $Z_4 4' = \omega_1 M_2 I_2$ ou F_2 ou Φ_2 ou I_2.

(*A suivre.*)

S. Hanappe.

MATÉRIEL FORTIS POUR CANALISATIONS AÉRIENNES
A HAUTES TENSIONS

A mesure que les transmissions électriques d'énergie se développent, qu'elles desservent des lieux plus éloignés de l'usine génératrice, les tensions employées augmentent. Actuellement les tensions de 10 000 à 15 000 volts ne sont pas rares, aussi bien en Europe qu'en Amérique [1].

De nombreux essais ont été d'ailleurs faits dans ces dernières années, dans le but de

[1] Voici quelques-unes des installations employant des tensions comprises entre ces limites d'après la note de M. Blondel sur les Distributions électriques d'énergie publiée à la suite du rapport de M. Guillain sur le projet de loi concernant ces distributions. Le premier nombre indique la tension en volts, le second la distance en kilomètres à laquelle l'énergie est transmise.

France : Ardières, 10 500 volts, 24 km. — Lancey, 12 000 volts, 30 km.

Suisse : Combe-Garrot, 14 000 volts, 20 et 48 km. — Monthoron, 15 000 volts, 60 km.

Canada : Trenton, 10 000 volts, 21 km. — Trois-Rivières (Québec), 12 000 volts, 27 km. — Chanebly-Montreal, 12 000 volts, 60 km.

États-Unis : San-Antonio, 10000 volts, 24 km. —

***

reconnaitre s'il est possible d'élever encore la tension et d'après les résultats de ces essais, les ingénieurs américains envisagent maintenant la possibilité d'installations utilisant des tensions de 30 000 volts et plus. Ainsi on se propose de porter prochainement à 27 000 volts la tension de la transmission de Ogden River à Salt Lake City, qui déjà fonctionne sous 16 000 volts, et l'on parle de 33 000 volts pour la transmission en projet de Bear Creek.

Cette élévation progressive de la tension a nécessairement amené des modifications dans le matériel d'installations des lignes. Le matériel employé dans les installations américaines a été à plusieurs reprises décrit dans ce journal en même temps que les installations elles-mêmes ; nous allons décrire aujourd'hui le matériel Fortis, que construit la maison J. Burns et C°, de Paris. Nous examinerons successivement les diverses parties de ce matériel : isolateurs, coupe-circuits et interrupteurs, pièces de raccord, ferrures et supports.

Isolateurs. — Dans les isolateurs en porcelaine, les plus communément employés [1], la résistance est considérable si l'isolateur ne présente pas de fissures et si la surface est vitrifiée d'une manière parfaite afin d'empêcher la pénétration de l'humidité. Aussi n'a-t-on guère à craindre, avec des isolateurs de fabrication soignée, de pertes de courant à travers la masse même, et l'unique difficulté à vaincre est d'empêcher le passage du courant, par la surface de l'isolateur, du conducteur qui y est fixé à la ferrure qui le maintient.

Pour y parvenir, il convient de rendre le plus longue possible la distance que doit franchir le courant pour passer du conducteur à la ferrure et d'éviter le dépôt de l'humidité et de la poussière sur la plus grande partie de cette distance. Dans ce but ont été imaginés les isolateurs à double et triple cloche, les isolateurs à ailettes et les isolateurs à chambres d'air : les cloches et les ailettes augmentent la distance, comptée sur la surface de l'isolateur, séparant le conducteur du support métallique ; les chambres d'air offrent en outre l'avantage de s'opposer très efficacement, par suite des passages resserrés qui les séparent, aux remous de l'air apportant l'humidité et les poussières.

Les isolateurs Fortis sont, suivant la tension des lignes où ils doivent être employés, de l'un ou l'autre de ces types.

Isolateurs pour tensions inférieures à 500 volts. — Les isolateurs pour tensions inférieures à 500 volts sont à triples cloches.

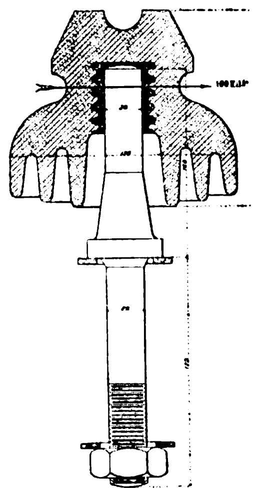


Fig. 1. — Isolateur de ligne, grand modèle, pour tensions inférieures à 500 volts.

La figure 1 représente un de ces isolateurs grand modèle, pesant 1 100 gr sans ferrure et résistant à un effort de traction maximum de 100 kg. Ce type comprend deux autres

Stockton, 10000 volts, 16 km. — Salt-Lake-City, 10000 volts, 22 km. — Folsom-Sacramento, 11000 volts, 38 km. — Fresno, 11000 volts, 56 km. — Blue-Lakes, 11000 volts, 63 km. — Bakerfield, 11500 volts, 25 km. — Minneapolis, 12000 volts. — Mechanicville-Schenectady, 12000 volts, 39 km.

[1] Sur les lignes télégraphiques et téléphoniques américaines on emploie presque généralement des isolateurs en verre. On en a proposé l'emploi pour les lignes de distribution de l'énergie ; mais ces dernières demandant des modèles différents suivant la tension, et chaque modèle exigeant de grands frais d'outillage pour sa fabrication, cet emploi ne s'est pas répandu.

modèles plus petits pesant respectivement 700 et 500 gr et pouvant résister à des efforts de traction de 70 et de 32 kg. En alignements droits, le conducteur se place dans la rainure de tête; en courbe et aux changements de direction, il se place dans la gorge.

La figure 2 donne le profil d'un isolateur

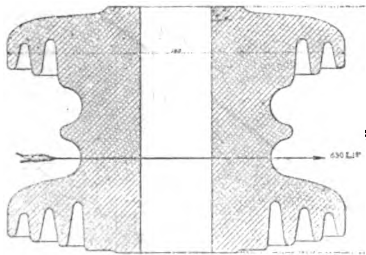


Fig. 2. — Isolateur d'arrêt, grand modèle, pour tensions inférieures à 500 volts.

d'arrêt, grand modèle, pesant 3 900 gr et pouvant supporter un effort de 850 kg; un modèle plus petit, du poids de 1 100 gr, supporte un effort de 300 gr. Leur forme rappelle celle d'une grosse poulie en porcelaine. Les parties supérieure et inférieure sont munies de larges revers d'eau assurant l'écoulement rapide des eaux de pluie, qui contribuent alors au lavage des parties extérieures de l'isolateur.

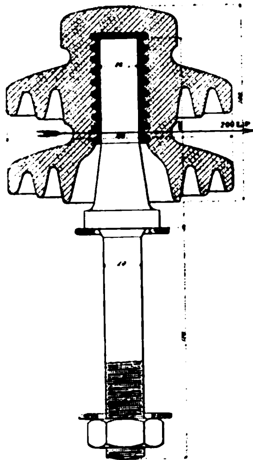


Fig. 3. — Isolateur de coupure, grand modèle pour tensions inférieures à 500 volts.

La figure 3 représente un isolateur de coupure, employé lorsqu'on veut faire une dérivation ou lorsqu'on veut intercaler un des interrupteurs dont il sera question plus loin. Cet isolateur pèse 1 100 gr et peut résister à un effort de 200 kg ; un modèle plus petit, pesant 750 gr, résiste à un effort de 125 kg.

La figure 4 montre le mode de montage.

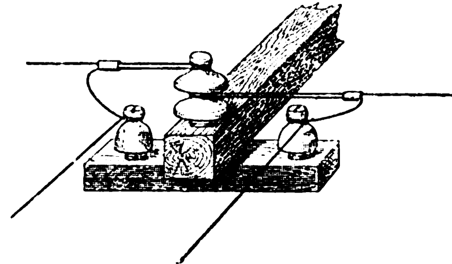


Fig. 4. — Montage d'un isolateur de coupure.

Le même isolateur peut servir d'isolateur d'arrêt; dans ce cas le conducteur est placé dans la gorge inférieure, la gorge supérieure étant utilisée pour y placer un fil d'acier formant hauban (fig. 5).

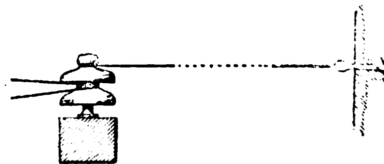


Fig. 5. — Montage d'un isolateur de coupure employé comme isolateur d'arrêt.

Isolateurs pour tensions de 500 à 2 000 volts. — Ces isolateurs sont à ailettes. Dans le modèle représenté figure 6, du poids de 700 gr et pouvant supporter un effort de 70 kg, la distance entre le conducteur et la ferrure atteint 28 cm. Dans un modèle plus petit, ne pesant que 500 gr, cette distance est encore de 26 cm.

L'isolateur d'arrêt étant d'un emploi très restreint par rapport aux isolateurs de ligne, on n'a pas jugé nécessaire d'en établir un modèle spécial pour ce groupe ; on se sert de l'isolateur d'arrêt établi pour de plus hautes tensions.

Isolateurs pour très hautes tensions. — L'isolateur de ligne est représenté par la figure 7, l'isolateur d'arrêt par la figure 8.

Ces isolateurs pèsent respectivement 800 et 1 500 gr. Un modèle plus petit d'isolateur de

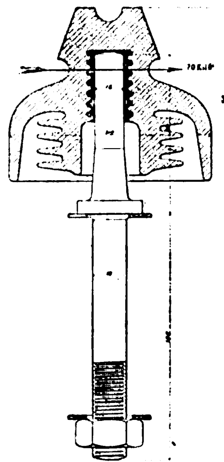


Fig. 6. — Isolateur de ligne, grand modèle, pour tensions comprises entre 500 et 2000 volts.

ligne ne pèse que 700 gr ; il n'y a qu'un modèle d'isolateur d'arrêt.

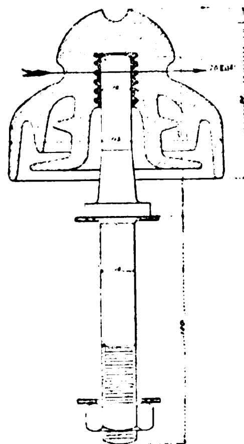


Fig. 7. — Isolateur de ligne, grand modèle, pour tensions supérieures à 2000 volts.

Ces isolateurs présentent, comme on voit, trois chambres d'air communiquant par des passages resserrés.

Coupe-circuits et interrupteurs. — Le coupe-circuit aérien (fig. 9 et 10), destiné aux lignes dont la tension ne dépasse pas 500 volts, se compose de deux grosses pièces en porcelaine, solidement entretoisées par une lame de laiton, et sur lesquelles s'enroulent les extrémités du conducteur. Deux fortes bor-

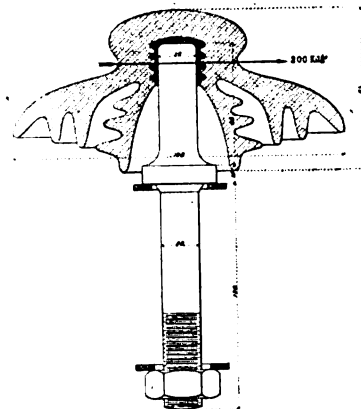


Fig. 8. — Isolateur d'arrêt pour tensions supérieures à 2000 volts.

nes de serrage servent à relier les deux portions de celui-ci au moyen, soit d'un fil de

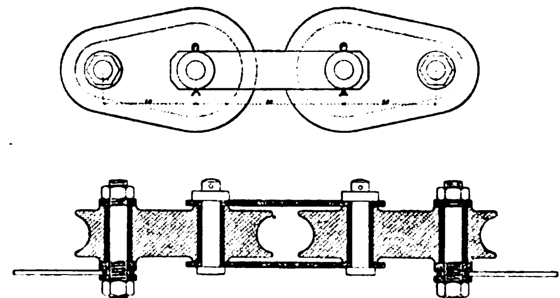


Fig. 9 et 10. — Elévation et coupe horizontale d'un coupe-circuit aérien.

plomb, soit mieux, d'un fil de cuivre ayant un diamètre inférieur à celui du conducteur. La figure 11 indique le mode de montage.

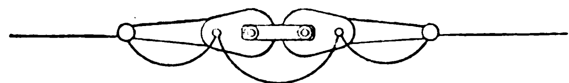


Fig. 11. — Montage d'un coupe-circuit aérien.

L'interrupteur aérien a pour but de permettre à n'importe qui, agent de l'autorité ou passant, de couper la ligne sans danger, en cas d'urgence.

Dans certains pays, l'installation d'appareils de ce genre en divers points de la ligne est obligatoire.

La figure 12 montre la disposition de cet appareil ; on remarquera que la pièce de jonc-

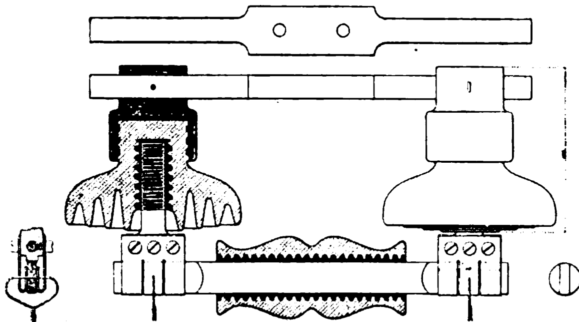


Fig. 12. — Interrupteur aérien.

tion est maintenue normalement en place par deux fils passant dans des trous appropriés ; ces fils se trouvent cisaillés par l'effort

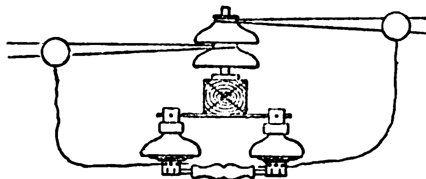


Fig. 13. — Montage d'un interrupteur aérien.

d'arrachement. La figure 13 indique le mode de montage.

En formant la pièce de jonction de deux parties métalliques isolées reliées par un fil

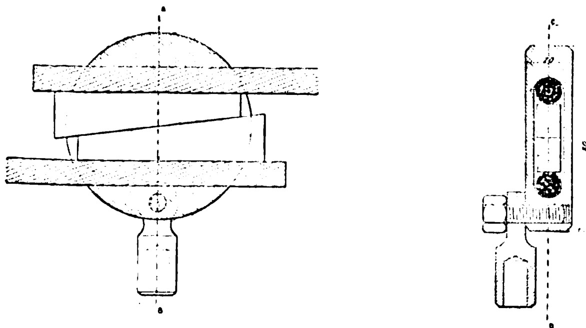


Fig 14 et 15. — Coupe suivant CD et coupe suivant AB d'une pièce de raccord pour câbles de 25 à 70 mm² de section.

fin passant à l'intérieur de la poignée isolante, l'interrupteur constitue en même temps un coupe-circuit.

Pièces de raccord. — Lorsqu'on opère la jonction des fils de bronze siliceux par sou-

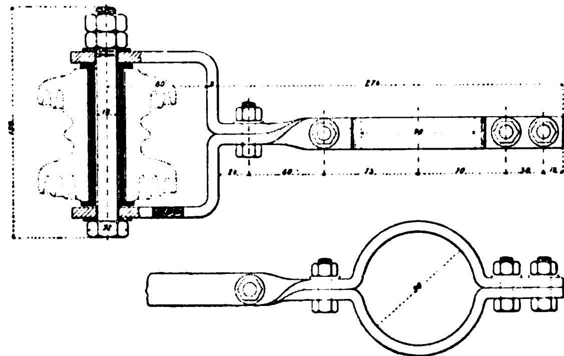


Fig. 16 et 17. — Chape pour fixer sur poteau un isolateur d'arrêt.

dure, le recuit qui en est la conséquence diminue de plus de moitié la résistance du fil à la rupture. Il est dès lors impossible de soumettre la ligne aux mêmes tensions méca-

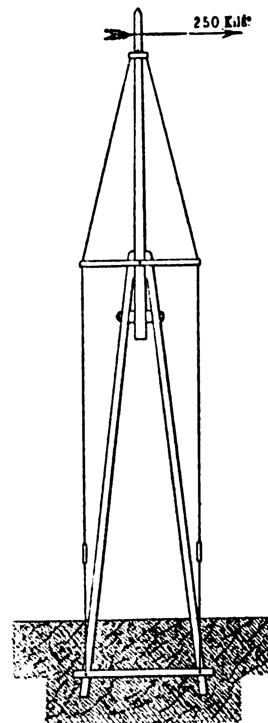


Fig. 18. — Disposition de poteau en bois.

niques ; il faut rapprocher et multiplier les poteaux, augmenter les flèches, etc.

Pour éviter cet inconvénient, on emploie des pièces de raccord. Les figures 14 et 15

donnent deux coupes d'une pièce de ce genre préconisée par la maison Burns pour raccord de câble de 25 à 70 mm^2 de section. Elle se compose d'un disque métallique creusé d'une fente dans laquelle on engage les extrémités des câbles ainsi que deux clavettes en biseau, en acier doux, dont une des joues est taillée en lime. Il n'y a ainsi ni torsion ni pliage du conducteur, qui conserve toute sa roideur et sa résistance originelles ; en outre le serrage augmente avec la tension mécanique de la ligne.

Pour les conducteurs de plus petit diamètre, le disque est remplacé par des manchons cylindriques renforcés à chaque extrémité par une nervure.

Ferrures. — Les ferrures sont de divers modèles ; elles sont droites ou recourbées. Les ferrures droites ont une égale résistance en tout sens, tandis que les ferrures recourbées ont une résistance variable avec la direction de l'effort ; aussi la maison Burns recommande-t-elle les premières qui ont en outre l'avantage d'être d'une fabrication peu coûteuse et de permettre le remplacement facile des isolateurs brisés.

Les ferrures droites sont fixées aux murs par des consoles à scellement, ou mieux, pour plus de commodité dans les réparations, par des consoles boulonnées sur des plaques scellées aux murs. Pour les fixer aux poteaux on emploie une console à tirefond, ou mieux un support à chape entourant le poteau. Les figures 16 et 17 représentent une chape pour isolateur d'arrêt.

Poteaux. — Bien des dispositifs peuvent être employés suivant les conditions à remplir. La figure 18 indique un mode d'assemblage de poteaux en bois permettant d'élever le conducteur jusqu'à 16 m au-dessus du sol.

J. Reyval.

COMPARAISON DES DÉPENSES ET DES RECETTES DES TRAMWAYS

A TRACTION PAR CABLE, PAR TROLET SOUTERRAIN ET PAR CHEVAUX, A NEW-YORK

Si l'examen des rapports financiers des compagnies de tramways démontre sans conteste que la traction électrique par trôlet aérien est le mode de traction le plus économique, les données nécessaires pour établir une comparaison entre les frais d'exploitation par traction à trôlet souterrain et par les divers autres modes de traction font presque entièrement défaut, tant par suite du petit nombre de lignes qui sont exploitées par le système à caniveau que par suite de la date relativement récente de leur mise en exploitation. En l'absence de renseignements positifs on en est réduit à des déductions reposant sur des bases si peu stables qu'on peut logiquement en arriver à des conclusions nettement opposées. Tandis que, en effet, beaucoup prétendent que l'exploitation par trôlet souterrain est économique, d'autres affirment qu'en raison des dépenses considérables que doit exiger l'entretien du caniveau, ce mode de traction ne peut avantageusement remplacer la traction animale, malgré les inconvénients reconnus de celle-ci. Et lorsque, pour se placer dans des conditions d'exploitation offrant quelque similitude, on compare le système électrique à caniveau avec le système funiculaire, beaucoup d'ingénieurs se prononcent en faveur de ce dernier système, tandis que quelques autres proclament la supériorité de la traction par l'électricité.

Les tableaux que publie le *Street Railway Journal* dans son numéro de novembre et que nous reproduisons plus loin, nous fournissent quelques renseignements des plus

intéressants sur l'importante question de la comparaison des dépenses et des recettes des trois modes de traction : funiculaire, électrique à caniveau, et animale ; ils ne peuvent donc qu'être accueillis favorablement par tous ceux qui s'occupent de la question si importante des transports en public dans les grandes villes. A la vérité ces tableaux ne sont pas exempts de critiques ; en particulier on peut leur reprocher de s'appliquer à des lignes dont la mise en exploitation ne date que de quelques mois ; on peut leur reprocher aussi de ne donner que les dépenses d'exploitation et de ne pas faire figurer les amortissement et intérêts du capital d'établissement, pourtant si importants dans les lignes à traction électrique souterraine [1] et à traction funiculaire. Mais tels qu'ils sont, ils ont une importance capitale, car ils se rapportent à des lignes d'une même ville exploitées par une même compagnie, et par conséquent dans des conditions d'exploitation permettant une comparaison. D'un autre côté ils semblent pouvoir être considérés comme exacts, car les directeurs du *Street Railway Journal* prennent soin de dire que, bien que n'ayant pu suivre dans tous leurs détails les comptes s'appliquant à un transport annuel de plus de 250 millions de voyageurs, ils ont toute confiance dans la sincérité des chiffres qui leur ont été communiqués par M. H.-H. Vreeland, président de la compagnie exploitante, la Metropolitan Street Railway Company.

On verra par les chiffres de ces tableaux que les frais d'exploitation par trôlet souterrain sont notablement inférieurs à ceux de la traction par chevaux, et même, contrairement à l'opinion la plus répandue, à la traction par câble. Mais avant de commenter ces chiffres, il importe de dire quelques mots du réseau auxquel ils se rapportent.

Jusqu'au 1er janvier 1893 toutes les lignes de tramways de New-York City furent exploitées par chevaux. Ce fut seulement au commencement de cette année 1893 que fut mise en exploitation la ligne funiculaire de la 59e rue à la Batterie, comprenant une longueur de voies d'environ 16 km. Deux ans plus tard, en 1895, vingt-quatre autres kilomètres de voies étaient exploités par le même mode de traction, dans les avenues Colombus, Neuvième et Lexington, où jusque-là aucune voiture de tramway n'avait encore circulé, si ce n'est cependant pendant quelques mois précédant l'inauguration des lignes funiculaires, un service à traction animale ayant été installé provisoirement en attendant la mise en fonction des câbles. Mais à ces 40 km de voies se borna l'application du système funiculaire.

Dès 1896, la Metropolitan Street Railway Company, à qui avait été refusée l'autorisation d'appliquer la traction électrique à trôlet aérien, fait construire dans Lenox-Avenue [1] une ligne à caniveau ; en prenant toutefois la précaution de donner au caniveau des dimensions permettant d'y placer un câble dans le cas où la traction électrique n'aurait pas été satisfaisante. Les résultats obtenus ayant donné toute satisfaction, le même mode de traction fut adopté pour la ligne de la quatrième Avenue, dont les divers tronçons furent successivement mis en service du 1er novembre au 16 décembre 1897 ; pour la ligne de la seconde Avenue, mise en service du 22 mars au 3 avril 1898 ; pour celle de l'avenue Amsterdam et de la 59e rue, respectivement ouvertes à la circulation du 3 février au 20 mars et du 20 mars au 21 mai ; enfin pour la ligne de la Huitième Avenue dont le tronçon compris entre la 155e et la 59e rue fut inauguré le 7 mai, portant à 60 le nombre de kilomètres de voies exploitées par trôlet souterrain au 30 juin de cette année, date de fermeture de l'exercice auquel se rapportent les renseignements des tableaux. Depuis, comme nous l'avons annoncé dans

[1] 150 000 à 300 000 fr par kilomètre de voie simple, suivant l'importance des travaux à effectuer pour le déplacement des conduites d'eau et de gaz et des égouts.

[1] *L'Éclairage Électrique*. IV, p. 508, 14 septembre 1895.

ce journal [1], quelques autres tronçons de voies à caniveau ont été mis en exploitation, et au 30 septembre, date jusqu'à laquelle le tableau III de la page 360 donne des indications, une bonne partie des lignes de la sixième et de la huitième Avenue étaient livrées à l'exploitation.

L'ensemble des lignes à traction funiculaire formait alors 11 p. 100 et celui des lignes à traction électrique par trôlet souterrain 28 p. 100 du nombre total de kilomètres exploités par la Metropolitan Street Railway Company. Mais déjà aujourd'hui la proportion des lignes électriques se trouve augmentée par suite de la mise en service, pendant ces dernières semaines, de divers tronçons des voies de la sixième et de la huitième Avenue, et cette augmentation ne peut manquer de s'accentuer encore à bref délai, la substitution de la traction électrique à la traction animale sur plusieurs lignes importantes étant dès maintenant décidée.

Cette transformation rapide du réseau new-yorkais est d'ailleurs aussi bien goûtée par le public qu'elle est avantageuse à la compagnie exploitante.

Non seulement les voyageurs sont plus rapidement et plus confortablement transportés sur les lignes à traction mécanique que sur les lignes à traction animale, mais les premières lignes leur offrent encore sur les secondes l'inappréciable avantage d'être desservies par un plus grand nombre de voitures. Aussi, tandis que les lignes à traction animale, qui forment cependant encore les 61 p. 100 du réseau total, n'ont transporté, pendant le trimestre finissant le 30 septembre, que 30 p. 100 du total des voyageurs, les lignes à traction mécanique ont absorbé les 70 autres centièmes. Le tableau I ci-joint (p. 358) montre nettement l'accroissement du trafic des lignes à traction mécanique, principalement sur les lignes à traction électrique pendant le trimestre finissant au 30 septembre.

Tableau I. — *Comparaison du trafic sur les diverses lignes.*

	Funiculaire		Électrique		Animale	
	Au 30 juin	Au 30 sept.	Au 30 juin.	Au 30 sept.	Au 30 juin.	Au 30 sept.
Nombre de kilomètres exploités . . .	»	11 p. 100	»	28 p. 100	»	61 p. 100
Nombre moyen de km-voiture. . . .	34,2 p. 100	27,4 »	20,2 p. 100	39,1 »	45,6 p. 100	33,7 »
Nombre moyen de voyageurs	40 »	28 »	18 »	32 »	42 »	30 »

Quant aux avantages que retire la compagnie exploitante de cette substitution, il n'y a qu'à examiner les chiffres du tableau II (p. 359) pour les apprécier. On voit qu'en 1893, alors que toutes ses lignes étaient à traction animale, elle n'a pu distribuer de dividendes, tandis qu'en 1898 elle a distribué 7 500 000 fr aux actionnaires, tout en mettant en réserve près d'un million et demi. Si l'on rapporte les bénéfices au kilomètre, on constate qu'ils ont passé de 2 970 fr en 1893 à 29 013 fr en 1898, c'est-à-dire qu'ils ont décuplé en cinq ans, croissant à mesure que la traction mécanique se développait, la légère diminution que l'on remarque pour l'année 1897 étant due à l'ouverture de plusieurs lignes à faible trafic.

Examinons maintenant les tableaux des pages 360 et 361.

Ce qui ressort en premier lieu de la comparaison des totaux du tableau II est que l'exploitation par trôlet souterrain est plus économique que l'exploitation par câble et

[1] *Supplément* du 19 novembre, t. XVIII, p. LXVI.

Tableau II. — *Recettes, dépenses et bénéfices de la Metropolitan Street Railway Company.*

	1893	1894	1895	1896	1897	1898
Totaux	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Recettes brutes	20 113 615	26 992 330	32 164 665	40 866 660	48 532 990	53 895 435
Dépenses d'exploitation	13 481 630	16 119 780	16 949 070	20 945 725	25 450 080	27 445 520
Bénéfices bruts d'exploitation	6 631 980	108 872 550	15 215 595	19 920 930	23 082 905	26 449 910
Charges fixes	6 043 010	9 299 855	10 354 790	12 586 695	16 132 960	17 511 655
Bénéfices nets	588 970	1 572 695	4 860 805	7 334 240	6 949 950	8 938 255
Dividendes payés	»	1 640 000	2 025 000	6 262 500	6 000 000	7 500 000
Surplus	588 970	67 305	2 835 805	1 071 740	949 950	1 438 255
Par kilomètre de voie						
Recettes brutes	101 534	127 819	142 699	147 420	157 145	174 511
Bénéfices bruts	33 430	51 457	75 060	71 805	74 930	85 857
Charges fixes	30 460	44 014	45 858	45 371	52 368	56 844
Bénéfices nets	2 970	7 443	21 526	26 437	22 559	29 013

l'exploitation par chevaux. En effet, tandis que les frais d'exploitation par voiture-kilomètre pendant les douze mois s'étendant du 30 juin 1897 au 30 juin 1898, ont été de 31,7 centimes pour la traction par trôlet, ceux des deux derniers modes de traction se sont élevés à 50,9 centimes pour la traction funiculaire et à 55,4 centimes pour la traction animale. Les chiffres obtenus pendant le trimestre écoulé du 30 juin au 30 septembre, confirment les précédents tout en accusant un peu plus l'économie.

Si l'on passe à l'examen des bénéfices nets par voiture-kilomètre, relatifs aux trois modes de traction, on constate que pendant l'exercice juin 1897 à juin 1898, la traction funiculaire l'emporte sur la traction électrique ; mais la différence est inférieure à 4 centimes, nullement en rapport avec le nombre de kilomètres-voiture, correspondant à chacun des modes de traction, et doit être attribuée à ce que bon nombre de lignes à traction électrique n'ont été exploitées que pendant peu de temps durant cet exercice ; ce qui le prouve d'ailleurs c'est que, pendant les trois mois suivants, le bénéfice net par voiture-kilomètre est légèrement plus grand pour ces lignes que pour les lignes funiculaires.

Si, enfin, on compare les dépenses d'exploitation et les recettes brutes pour chacun des trois systèmes, on trouve que les dépenses sont, en pour 100 des dépenses, de 37,9 p. 100 pour la traction électrique, de 47,7 p. 100 pour la traction funiculaire, enfin de 63,3 p. 100 pour la traction animale.

Quel que soit le point vue, la traction électrique l'emporte donc sur les deux autres systèmes de traction. Il faudrait cependant se garder de considérer ces chiffres comme définitifs, car, s'il est permis d'espérer que les recettes par kilomètre-voiture des lignes électriques nouvellement mises en service, augmenteront pendant quelque temps, il convient de ne pas oublier que les frais d'entretien de ces lignes augmenteront à mesure que leur durée de fonctionnement s'accroîtra. Il est vrai que les frais afférents à la génération du courant paraissent devoir s'abaisser, lorsque la compagnie exploitante aura remplacé les deux usines actuelles par l'usine unique, d'une puissance de 70 000 chevaux, qu'elle fait construire dans la 96e rue.

Si l'on tient compte des diverses causes qui peuvent modifier ces chiffres, l'avantage semble néanmoins devoir rester à la traction électrique. C'est du moins l'opinion des direc-

TABLEAUX DES RECETTES, DÉPENSES ET BÉNÉFICES DES LIGNES
DE LA METROPOLITAN STREET RAILWAY C°, DE NEW-YORK

TABLEAU I. — *Recettes, dépenses et bénéfices du 30 juin 1897 au 30 juin 1898.*

	TRACTION FUNICULAIRE		TRACTION ÉLECTRIQUE		TRACTION ANIMALE		TOTAUX	
	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.
Recettes brutes (voyageurs)	20 651 125	107	9 594 365	83,669	21 877 985	84,785	52 123 475	92,070
Dépenses d'exploitation	9 852 430	51,2	3 637 030	31,713	14 291 175	55,397	27 780 635	49,073
Bénéfices	10 798 695	55,8	5 957 335	51,956	7 586 810	29,388	24 342 840	42,997

TABLEAU II. — *Détail des dépenses d'exploitation.*

	TRACTION FUNICULAIRE		TRACTION ÉLECTRIQUE		TRACTION ANIMALE		TOTAUX	
	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.	Pour l'ensemble en francs.	Par voiture-km en centimes.
ENTRETIEN DES VOIES.								
1 Réparations des voies; éclisses, main-d'œuvre	207 235	1,085	30 765	0,279	364 640	1,426	602 640	1,054
2 » » éclisses, matériaux	33 365	0,186	525	»	37 745	0,155	70 585	0.124
3 » » rails	1 000	»	4 770	0,031	3 525	»	9 295	»
4 » » aiguilles, boulons, écrous, etc.	50 540	0,248	15 640	0.124	27 885	0,093	94 020	0,155
5 » » attaches, traverses	1 435	»	740	»	11 520	0,031	13 695	»
6 » des parties aériennes et souterraines.	403 935	2,077	28 895	0,248	825	»	433 655	0,775
7 » et remplacement des câbles	946 955	4,90	»	»	»	»	946 955	1,674
8 » des appareils de nettoyage des conduites.	58 790	0,31	»	»	»	»	79 940	0,155
9 » des graisseurs	203 540	1,054	21 150	0,186	»	»	203 600	0,372
10 » des poulies, épissures	106 200	0.558	60	»	»	»	106 200	0,186
11 » des bâtiments	20 495	0,093	4 005	0,031	86 310	0,31	110 910	0,186
12 Enlèvement de la glace et de la neige et nettoyage des rues	76 640	0.403	13 655	0.124	48 330	0,186	138 625	0.248
Totaux	2 110 135	10,974	119 255	1,023	580 725	2,232	2 810 120	4.96
ENTRETIEN DE L'ÉQUIPEMENT.								
13 Réparations des voitures	343 840	1,767	143 435	1,24	307 245	1,178	794 520	1.395
14 » des câbles ou de l'équipement électrique.	211 435	1,085	149 760	1,302	40	»	361 235	0,651
17 » des instruments et moteurs	8 570	0,031	760	»	1 640	»	10 975	»
Totaux	563 850	2,914	293 960	2.573	308 920	1,209	1 166 725	2,046
PUISSANCE MOTRICE.								
15 Réparations de l'usine à vapeur.	75 735	0,403	10 210	0,093	45	»	85 985	0,155
16 » de l'usine électrique ou à câble	61 975	0,31	4 120	0,031	15	»	66 105	0,124
18 » des harnais	2 290	»	2 920	»	76 805	0,31	82 020	0,155

19 Fournitures diverses	870	»	2 120	»	61 030	0,596	64 025	0,124
20 Renouvellement des chevaux	2 750	»	15 150	0,124	312 200	1,209	330 100	0,589
21 Ferrures des chevaux	2 855	»	12 385	0,093	404 665	1,581	419 905	0,744
22 Dépenses de fourrages	17 160	0,093	70 050	0,62	2 225 915	8,618	2 313 120	4,092
23 Gages des palefreniers	460	»	8 435	0,062	202 095	0,775	210 990	0,372
24 Enlèvement du fumier	300	»	425	»	35 545	0,248	35 420	0,062
27 Valets d'écurie, épisseurs et aides	12 425	0,062	63 975	55,8	1 739 275	6,758	1 815 670	3,317
28 Ingénieurs, pompiers et employés des usines	326 310	1,674	103 310	0,899	1 200	»	430 815	0,775
32 Charbon pour les usines	524 560	2,728	255 075	2,232	2 275	»	781 905	1,395
33 Eclairage et fournitures diverses des usines	77 355	0,403	26 850	0,248	295	»	104 500	0,186
34 Dépenses d'eau	108 875	0,558	29 210	0,248	55 690	0,217	193 770	0,341
Totaux	1 213 920	6,262	603 375	5,270	5 117 040	19,840	6 934 335	12,245
Transport.								
25 Conducteurs et receveurs	3 558 150	18,383	1 765 635	15,407	5 781 975	22,413	11 105 755	19,623
26 Inspecteurs, aiguilleurs, etc.	717 560	3,72	251 460	2,201	597 000	2,294	1 566 020	2,759
29 Dépôt des voitures ; horlogers, nettoyeurs, graisseurs.	184 100	0,961	136 960	1,209	316 225	1,24	637 285	1,116
30 Eclairage des voitures	196 135	1,023	5 710	0,062	58 450	0,217	260 295	0,434
31 Graissage des voitures et dépenses diverses	64 660	0,341	25 790	0,217	35 955	0,124	146 405	0,217
Totaux	4 720 600	24,397	2 185 555	19,065	6 789 605	26,319	13 695 765	24,211
Frais généraux.								
35 Salaires et appointements	151 795	0,775	55 255	0,596	209 690	0,806	416 740	0,744
39-40 Contentieux, accidents	751 625	3,875	219 145	1,891	395 380	1,519	1 366 145	2,418
41-48 Autres frais généraux	340 495	1,767	160 500	1,395	889 810	3,441	1 390 810	2,449
Totaux	1 243 920	6,417	434 890	3,782	1 494 880	5,797	3 173 690	5,611
Totaux des dépenses d'exploitation	9 852 430	50,902	3 637 030	31,713	14 291 175	55,397	27 780 635	49,073
Nombre de kilomètres-voitures	19 186 246	»	11 376 144	»	25 591 859	»	56 154 249	»

Tableau III. — *Recettes, dépenses et bénéfices du 30 juin au 30 septembre 1898.*

Recettes brutes (voyageurs)	4 724 925	103,137	5 284 330	80,693	5 045 500	89,342	15 054 755	89,745
Dépenses d'exploitation	2 491 590	54,405	2 041 250	31,186	3 132 605	55,459	7 665 445	45,694
Bénéfices	2 233 335	48,732	3 243 080	49,507	1 912 895	33,883	7 389 310	44,051
Détails des dépenses:								
Entretien de la voie	683 520	14,911	67 765	1,054	120 180	2,139	871 470	5,208
» de l'équipement	183 445	3,999	192 100	2,945	71 400	1,24	446 945	2,666
Puissance	290 425	6,324	281 015	4,278	1 208 430	21,390	1 779 870	10,602
Transport	1 131 125	24,738	1 314 445	20,057	1 443 505	25,575	3 889 080	23,188
Frais généraux	203 070	4,464	185 920	2,821	289 090	5,115	678 080	4,030
Totaux	2 491 590	54,405	2 041 250	31,186	3 132 605	55,459	7 665 445	45,694
Nombre de kilomètres-voitures	4 544 612	»	6 495 609	»	5 601 740	»	16 641 963	»

teurs du *Sreet Railway Journal*. Ceux-ci estiment, en effet, que si tout le réseau de New-York était exploité par traction électrique, les dépenses par voiture-kilomètre seraient d'environ 21 centimes plus faibles qu'avec la traction funiculaire, la diminution s'élevant à 11 centimes pour l'entretien des voies, à 4 centimes pour la génération de la puissance motrice, à 4,5 centimes pour les frais afférents au transport et à 1,5 centimes pour les frais généraux. Une comparaison analogue entre la traction animale et la traction électrique indiquerait en faveur de celle-ci une diminution de 19 centimes pour la puissance motrice, de 4,5 centimes pour les frais de transport et de 1,5 centime pour les frais généraux, diminution compensée en partie par une augmentation de 1,5 centime des dépenses d'entretien des voies et de 1,5 centime des dépenses d'entretien du matériel roulant ; soit un gain de 22 centimes par kilomètre-voiture.

Ces déductions paraissent fort vraisemblables si l'on examine successivement les différents chapitres des dépenses du tableau II des pages 360 et 361 et si en même temps on cherche à se rendre compte des causes qui ont pu fausser les chiffres de ce tableau pendant l'exercice auquel il se rapporte.

Si nous prenons en effet les dépenses relatives à l'entretien de la voie de roulement (nos 1, 2, 3, 4 et 5), nous trouvons respectivement 16 cent, 4,4 cent et 17,5 cent par voiture-kilomètre pour la traction funiculaire, électrique et animale. Evidemment, les voies de traction électrique étant neuves, le chiffre correspondant à ce mode de traction est trop faible ; mais, d'autre part, ceux qui sont relatifs aux deux autres modes de traction et principalement à la traction animale, sont aussi trop faibles, d'une part, parce que les lignes funiculaires sont encore relativement récentes et que d'autre part les lignes à chevaux destinées à être bientôt transformées n'ont été réparées que sommairement.

Quant aux dépenses relatives à l'entretien des caniveaux (nos 6 à 10), elles augmenteront certainement avec le temps pour les lignes à traction électrique. Toutefois, il paraît certain qu'elles ne pourront être plus élevées pour ces lignes que pour les lignes funiculaires, le mouvement du câble dans le caniveaux de celles-ci étant la cause la plus importante de détérioration et n'existant pas dans le caniveau des voies électriques.

En adoptant 11 cent par kilomètre-voiture comme différence en faveur du système électrique sur le système funiculaire, et 1,5 cent. comme différence en faveur de la traction animale sur la traction électrique, pour le chapitre des dépenses totales d'entretien des voies, les directeurs du *Street Railway Journal* ne peuvent donc s'être écartés beaucoup des résultats que donnerait une pratique de plus longue durée.

L'examen des dépenses afférentes au matériel roulant conduirait à la même conclusion.

Si l'on passe aux dépenses de production de la puissance motrice (usines et chevaux), il convient de faire remarquer que les frais assez importants de nourriture et d'achat de chevaux portés au compte de la traction électrique sont dus à une cause fortuite : une ligne à traction animale en correspondance avec la ligne électrique de Madison-Avenue. Si l'on tient compte de cette dépense accessoire et de l'économie qui résultera nécessairement de la mise en exploitation de la station génératrice actuellement en construction, les chiffres de 4 et de 19 cent adoptés comme représentant les diminutions des dépenses de ce chapitre, par voiture-kilomètre, occasionnées par la traction électrique ne peuvent paraître exagérés.

Quant aux deux autres chapitres de dépenses, frais de transport et frais généraux, l'avantage que les chiffres du tableau accusent en faveur de la traction électrique ne peuvent que s'accentuer à mesure que celle-ci se développera ; la traction électrique permet en effet d'augmenter le nombre de voitures-kilomètre ; d'où diminution des dépenses par voiture-kilomètre.

Il semble donc bien établi que, du moins à New-York, la substitution de la traction électrique par trôlet souterrain à la traction funiculaire diminue de 21 cent les frais d'exploitation par voiture-kilomètre, contrairement à l'opinion très répandue d'après laquelle la traction par câble serait la plus économique là où le trafic est intense, et que la substitution de la traction électrique à la traction animale entraîne une économie de 22 cent par voiture-kilomètre.

Si la première conclusion n'intéresse que médiocrement ceux qui s'occupent de la traction dans Paris, la seconde a pour eux un intérêt plus immédiat. Reste à savoir si l'économie sera du même ordre qu'à New-York. Les documents nous manquent pour résoudre complètement cette question, mais il ne nous parait pas douteux que cette économie des frais d'exploitation ne reste, pour bien des lignes à trafic intense, très notablement supérieure aux frais résultant de l'amortissement et des intérêts du capital d'établissement des voies à caniveau.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Parafoudre électromagnétique Garton.

Cet appareil, dont la figure 1 donne une vue de face et la figure 2 une coupe par la bobine M, se compose d'un cylindre de charbon A, relié par un conducteur B et un câble souple C à une tige filetée D, d'un bloc de fer E dans lequel s'engage la tige D, d'un tube en matière isolante contenant D et E, de deux blocs de charbon F et H dont les extrémités en regard sont taillées en pointes, enfin d'une bobine à fil fin mise en dérivation en M et en N sur la tige de charbon A.

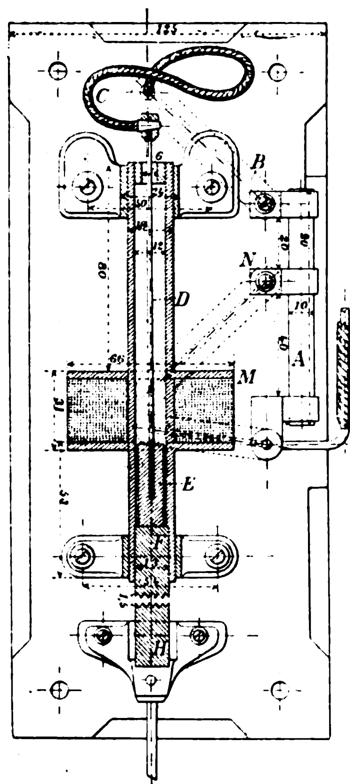


Fig. 1. — Parafoudre électromagnétique Garton. Vue de face.

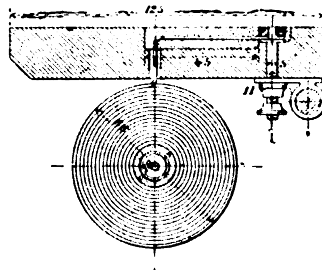


Fig. 2. — Parafoudre électromagnétique Garton. Coupe horizontale par la bobine.

Lorsque la tension de la ligne par rapport au sol devient assez grande pour produire un arc entre les pointes des charbons F et H, la ligne se trouve mise en communication avec la terre par le fil qui se voit à droite de la figure 1, le charbon A, les conducteurs B et C, la tige D, la masse de fer E et les deux charbons F et H et enfin le conducteur reliant ce dernier charbon à la terre. Mais dès qu'un

courant circule ainsi, un courant dérivé passe dans la bobine et a pour effet de relever brusquement la masse de fer E, qui rompt le courant. La masse de fer retombe alors et la même série de phénomènes se répète jusqu'à ce que la tension de la ligne ait repris sa valeur normale.

La caractéristique de ce parafoudre est que, l'arc étant continuellement rompu, l'appareil lui-même ne risque pas d'être brûlé. Il offre, en outre l'avantage de pouvoir être réglé avec beaucoup de facilité et dans de très larges limites en faisant varier l'écartement des charbons F et H, en modifiant la résistance de la tige de charbon A, en diminuant ou augmentant la distance des deux contacts M et N, ou en modifiant l'enroulement de la bobine.

Depuis 1896, cet appareil est employé avec succès aux États-Unis ; il est vendu en France par MM. Cadiot et Cie.

Plaque tournante électrique pour locomotives [1].

Cette plaque tournante, d'assez grandes dimensions pour recevoir les locomotives à tender les plus longues, a été récemment mise en service par le Erié Railroad à son dépôt de Jersey. Les figures 1 et 2 en donnent la vue en plan et l'élévation.

Le moteur, de 15 chevaux, à enroulement en série, est à arbre vertical. La partie supérieure de l'arbre A porte un pignon engrenant avec une roue calée sur un arbre intermédiaire B qui commande à son tour, par pignon et roue dentée, un autre arbre C. Ce dernier porte inférieurement un pignon D engrenant avec la crémaillère circulaire EF fixée au fond de la fosse. Un frein à friction permet d'arrêter le moteur. Deux appareils de mise en marche avec dispositif pour renverser le sens du courant sont placés aux extrémités de la plateforme, permettant ainsi de commander la manœuvre de l'une ou l'autre extrémité et de faire tourner la plaque dans n'importe quel sens.

Le courant, fourni par le réseau d'éclairage

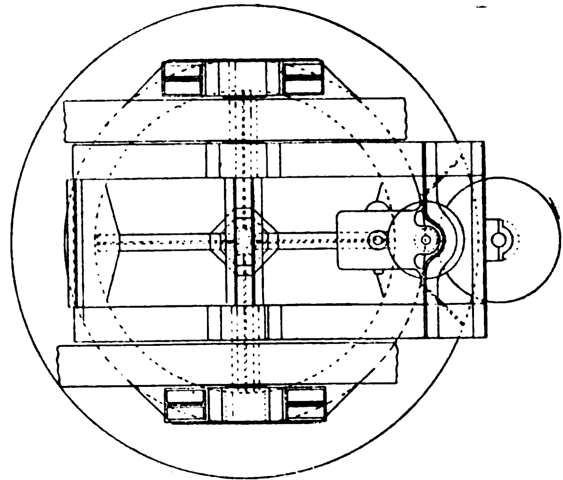


Fig. 1.

de la Jersey City Electric Light Company, est amené par des conducteurs aériens jusqu'à proximité de la fosse. Des conducteurs souterrains passant sous la fosse, puis à l'inté-

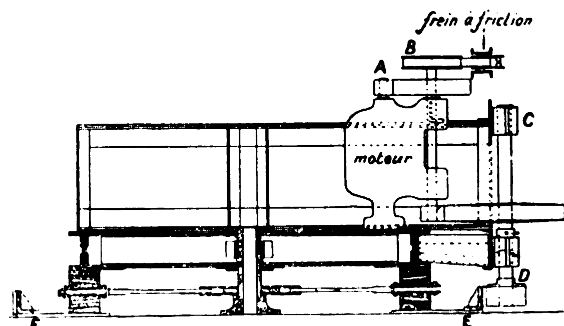


Fig. 2.

rieur de l'arbre creux qui supporte la plateforme en son centre, le conduisent à deux bagues fixées sur cet arbre par des supports isolants. Des contacts glissants appuyant sur ces bagues mettent celles-ci en communication électrique avec le moteur. A l'entrée de la canalisation souterraine sont placés un interrupteur bipolaire et un coupe-circuit.

La manœuvre de la plaque est très simple. Dès que la plaque a tourné, sous l'action du

(1) *The Electrical World*, t. XXXII, p. 401, 15 octobre 1898.

moteur, du cinquième environ de l'angle dont on veut la faire tourner on interrompt le courant; la force vive acquise suffit pour achever la rotation; le frein à friction arrête le moteur au moment voulu.

Pour une rotation de 180° la manœuvre ne dure que trente secondes environ, donnant ainsi un gain considérable sur le temps employé auparavant avec la manœuvre à la main, le nombre des locomotives passant journellement sur la plaque tournante variant de 175 à 225.

Outre cette économie de temps, fort appréciable dans un service aussi intensif, il y a aussi économie d'argent. Il fallait auparavant deux équipes de quatre hommes travaillant chacune douze heures par jour et occasionnant une dépense mensuelle de 2 000 fr. Avec l'emploi de l'électricité il suffit de 2 hommes payés 250 fr par mois chacun. La dépense mensuelle d'énergie électrique s'élevant à 100 fr seulement et l'amortissement du matériel électrique, compté à 10 p. 100, n'étant que de 50 fr par mois, on réalise une économie de 1 350 fr. par mois. J. R.

Étude photométrique de l'arc enfermé;

Par Charles Matthews, W.-H. Thompson et J.-E. Hilbish (1).

Les difficultés que présente toute mesure photométrique se trouvent encore augmentées dans l'étude de l'arc électrique par la différence notable de coloration que présentent dans ce cas la source étalon et la source à étudier et par les variations considérables et rapides que subit la quantité de lumière émise par un arc suivant une direction fixe. Avec l'arc enfermé, le globe de verre dépoli qui entoure l'arc rend la différence de coloration avec la source de comparaison moins sensible qu'avec l'arc libre, les radiations lumineuses de faible longueur d'onde étant absorbées par ce globe, et la précision des mesures est alors plus satisfaisante. Quant aux variations de la quantité de lumière émise suivant une même direction, qui sont dues aux changements de position de l'arc par rapport aux charbons, elles sont particulièrement importantes dans le cas de l'arc alternatif (elles atteignent parfois 100 p. 100) et on ne peut éliminer leur influence sur les résultats qu'en faisant rapidement un grand nombre de mesures et prenant leurs moyennes. Pour diminuer le temps nécessaire aux mesures les auteurs disposaient au-dessous du banc photométrique d'un photomètre Krüss-Bunsen un cylindre tournant autour d'un axe parallèle à ce banc; quand l'égalité d'éclairement des deux plages de l'écran photométrique était obtenue, il suffisait d'appuyer sur un bouton pour repérer sur le cylindre la position de l'écran et en même temps faire tourner le cylindre d'un angle suffisant pour que l'inscription suivante se fasse sur une autre génératrice; par ce mode d'inscription un seul observateur pouvait faire les mesures photométriques sans cesser de regarder l'écran.

Divers types de lampes à arc enfermé, en usage aux Etats-Unis, ont été étudiés par ce procédé à l'Université de Purdue. Les diagrammes polaires des figures 1, 2 et 3 représentent les résultats obtenus avec trois lampes à courant alternatif que les auteurs désignent respectivement par A, B, C. Le diagramme de la figure 4 se rapporte à une lampe du type A alimentée par du courant continu. Dans tous ces essais la source de comparaison était une lampe à incandescence étalonnée, après chaque essai, avec une lampe Hefner. Les charbons étaient toujours des charbons « Electra ».

Lampe A. — Cette lampe construite pour fonctionner sous une différence de potentiel de 104 volts fonctionnait, pendant les essais, dans les conditions qu'indiquent les chiffres suivants :

(1) *The Electrical World*, t. XXXII, p. 368, 8 octobre 1898. Mémoire présenté au meeting de l'American Institut of Electrical Engineers, New-York, 28 septembre 1898.

Différence de potentiel aux bornes.	103,2 volts.
Intensité du courant.	5,84 ampères.
Puissance totale absorbée (apparente).	602 watts.
Puissance totale absorbée (vraie) .	407 »
Puissance absorbée dans le mécanisme.	80 »
Puissance absorbée dans l'arc . . .	327 »
Facteur de puissance	0,67
Intensité moyenne sphérique. . . .	110,5 hefners.
Puissance totale par unité Hefner .	3,68 watts.
Puissance dans l'arc par unité Hefner	2,96 »

Le facteur de puissance provient de l'induction du mécanisme, car, ainsi que l'a montré M. Blondel, dans l'arc lui-même la force électromotrice et l'intensité du courant sont rigoureusement en phase [1].

La figure 1 qui, comme il a été dit, représente les résultats des mesures photométriques, indique une légère dissymétrie de la répartition de la lumière par rapport à l'horizontale. Cette dissymétrie doit être attribuée en partie à une dissymétrie du globe entourant l'arc et en partie à des réflexions de la lumière sur la portion supérieure de la monture.

On reconnaît néanmoins la forme caractéristique, dite en ailes de papillon, que l'on obtient avec l'arc libre à courant alternatif; les lobes de la courbe sont moins allongés et plus rapprochés de l'horizontale que dans ce dernier cas.

D'ailleurs, la forme de la courbe varie un peu à mesure que les charbons se consument;

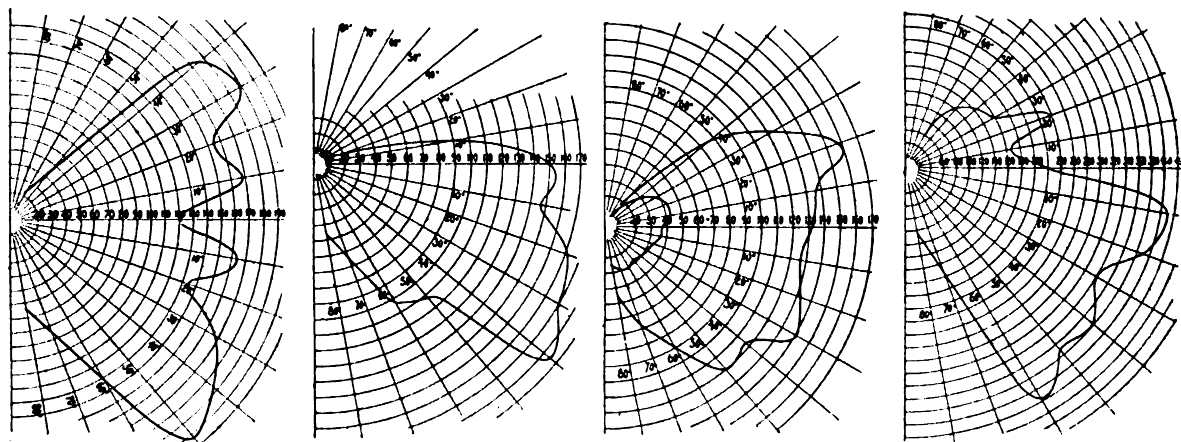


Fig. 1 à 4.

en outre les variations rapides qu'éprouve l'intensité dans une direction fixe modifient constamment cette courbe.

Lampe B. — Cette lampe était munie d'un réflecteur en verre dépoli. Le minimun d'intensité, qui dans le cas précédent correspondait à l'horizontale, se trouve maintenant dans une direction à 10° environ au-dessous de l'horizontale.

Les auteurs ne pensent pas cependant que ce déplacement de la direction du minimum soit dû à la présence du réflecteur, car ils ont observé une ou deux fois la même particularité avec des lampes sans réflecteur. Ils croient qu'il doit être attribué à ce que les plans qui limitent les deux charbons, quoique parallèles, ne sont pas perpendiculaires aux axes de ces charbons.

Lampe C. — Les conditions de fonctionnement de cette lampe pendant les essais sont indiquées par le tableau suivant :

Différence de potentiel aux bornes.	110 volts.
Intensité du courant.	7 ampères.
Puissance totale absorbée (apparente).	770 watts.
Puissance totale absorbée (vraie) .	484 »

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XII, p. 411.

Puissance absorbée dans le mécanisme	116 »
Puissance absorbée dans l'arc	364 »
Facteur de puissance	0,63
Intensité moyenne sphérique	83,8 hefners.
Puissance totale par unité Hefner	5,76 watts.
Puissance dans l'arc par unité Hefner	4,34 »

Les deux courbes de la figure 3 se rapportent, l'une au cas où l'arc est enfermé dans un seul globe de verre dépoli, l'autre au cas où un second globe entoure le premier.

La courbe relative au premier cas est tout à fait anormale. Son extension au-dessous de l'horizontale résulte de la présence d'un réflecteur placé au-dessus du globe interne; quant au maximum que l'on observe suivant la direction inclinée de 20° sur l'horizontale et située au-dessus de cette ligne les auteurs ne peuvent l'expliquer que par un défaut de centrage des charbons.

La courbe relative au cas où un second globe dépoli est employé montre que l'intensité est plus grande au-dessus qu'au-dessous du plan horizontal. Les auteurs ont reconnu que cette particularité était due à ce que la partie inférieure du globe externe était beaucoup moins transparente que la partie supérieure.

Les auteurs font aussi remarquer que la différence des intensités suivant une même direction n'est pas en réalité aussi marquée que l'indique la comparaison des deux courbes de la figure 3, car le miroir de leur photomètre n'était pas suffisamment grand pour renvoyer sur l'écran photométrique tous les rayons émis par le globe extérieur.

Lampe A avec courant continu. — Les conditions de fonctionnement de cette lampe sont indiquées par les chiffres qui suivent :

Différence de potentiel aux bornes	108 volts.
Intensité du courant	4,96 ampères.
Puissance totale absorbée	536 watts.
Puissance absorbée dans le mécanisme	152 »
Puissance absorbée dans l'arc	384 »
Intensité moyenne sphérique	197,3 hefners.
Puissance totale par unité Hefner	2,72 watts.
Puissance dans l'arc par unité Hefner	1,95 »

La figure 4 représente la courbe obtenue. La pointe que l'on remarque suivant la direction faisant un angle de 20° avec l'horizontale est due au petit cratère du charbon négatif. Suivant les auteurs, la forme de cette courbe peut être considérée comme caractéristique de l'arc enfermé à courant continu.

Variations de l'intensité lumineuse de l'arc enfermé à courant alternatif. — Les variations de l'intensité lumineuse suivant une même direction sont très importantes, principalement lorsque l'arc est alimenté par un courant alternatif. La figure 5 indique les variations observées par les auteurs avec un arc alimenté ainsi. Les abscisses indiquent le temps en minutes, les ordonnées les variations en pour cent de l'intensité moyenne.

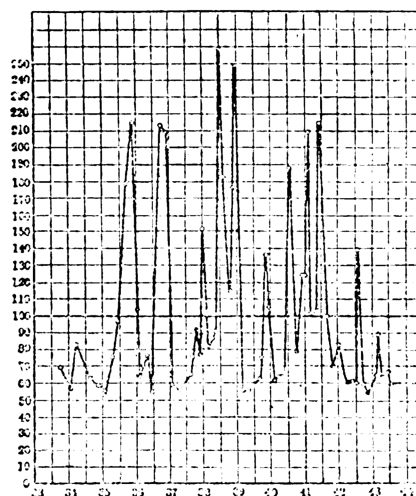


Fig. 5. — Variation de l'intensité lumineuse d'un arc enfermé à courant alternatif.

Conclusions. — Les autres types de lampes à courants alternatifs ont fourni des résultats compris entre ceux relatifs aux lampes A et C. La lampe A est donc la plus économique. Comme les charbons étaient les mêmes dans tous les essais, cette économie ne peut être attribuée qu'au mode de construction de la

lampe, ce qui montre l'importance des détails de construction.

La comparaison des résultats obtenus avec deux lampes du type A alimentées, l'une avec un courant alternatif, l'autre avec un courant continu, montre que ce dernier mode d'alimentation est préférable au premier. Non seulement il y a économie de puissance à intensité moyenne sphérique égale, mais en outre la répartition de la lumière est meilleure pour les usages courants.

Les résultats obtenus par les auteurs pour l'arc enfermé à courant continu sont cependant moins favorables que ceux obtenus par divers autres expérimentateurs. Quelques-uns de ceux-ci ont en effet trouvé que le rendement lumineux de l'arc enfermé est égal à celui de l'arc libre. Les auteurs font observer à ce propos que ce résultat est difficilement compatible avec le fait que le globe interne absorbe une quantité considérable de lumière et font remarquer que leurs résultats concordent parfaitement avec ceux qu'a obtenus récemment M. Nichols. J. B.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du mercredi 9 novembre 1898.

M. G. Pellissier expose les conditions générales sur lesquelles doit reposer la *tarification rationnelle de l'énergie électrique*, sujet bien connu de nos lecteurs. Il insiste en débutant sur l'avantage qu'il y a de rendre le courant à aussi bas prix que possible et cite à ce propos les résultats obtenus à Brighton et à Vienne. Dans la première ville le prix du courant qui était de 73,5 cent. le kilowatt-heure en 1892, fut réduit en 1893 par l'application du tarif différentiel ; en 1897, l'énergie électrique en excès d'une utilisation quotidienne de 1 heure était facturée à raison de 15,75 cent. le kilowatt-heure. Or, les résultats ont été les suivants :

Années.	Kw-h vendus.	Bénéfices.
1892.	156 000 kw-h	300 fr
1893.	286 900 »	75 000 »
1894.	583 701 »	125 000 »
1895.	867 494 »	165 000 »
1896.	1 388 871 »	258 000 »
1897.	1 992 527 »	355 000 »

La limite inférieure à laquelle il convient d'arrêter l'abaissement de prix est déterminée par cette considération que *chaque abonné doit être une source de profits*, car si l'on vendait si bon marché aux uns que le contrat entraînât une perte, pour rétablir l'équilibre on serait conduit à vendre trop cher aux autres et on éloignerait ainsi ces derniers pour ne conserver que les clients ruineux. Cette considération entraîne à étudier d'abord le prix de revient de l'énergie électrique.

A Brighton, en 1897, avec un débit total de 1 992 527 kilowatts-heure, la puissance maxima fut de 1 300 kilowatts [1] ; le coefficient de consommation a donc été de 1 533 heures. Les charges fixes atteignirent 545 400 fr, soit 420 fr par kilowatt et les dépenses d'exploitation 136 350 fr, soit 6,82 centimes par kilowatt-heure.

La somme des intensités maxima demandée par tous les abonnés est plus grande que l'intensité maxima à l'usine, parce que tous les abonnés n'allument pas leurs lampes au même instant. Le rapport de la somme des puissances maxima demandées par chaque abonné individuellement à la puissance maxima de l'usine constitue le coefficient de

[1] La puissance maxima qu'il convient d'adopter dans ces calculs est la moyenne des puissances maxima observées deux années de suite, parce que le nombre de lampes augmente d'année en année et que les lampes nouvelles concourent à augmenter la charge sans avoir augmenté le débit annuel.

diversité. Sa valeur atteint en moyenne à Brighton 1,5 ; par conséquent, chaque abonné ne doit payer que 0,66 des charges fixes calculées d'après l'intensité maxima à l'usine, soit $420 \times 0{,}66 = 277$ fr par an et par kilowatt ou 75,85 centimes par jour. La première heure d'utilisation coûte donc $75{,}82 + 6{,}82$, soit 82,75 centimes, et les kilowatts-heure dépensés en surplus peuvent être vendus à très bas prix, puisqu'ils ne coûtent que 6,82 centimes. C'est le principe du tarif différentiel déjà exposé dans nos colonnes, et ces chiffres expliquent les résultats financiers obtenus à Brighton et dans les villes qui ont adopté le même tarif, malgré les bas prix appliqués.

La discussion des différents modes de tarification a déjà été faite ici même par M. Pellissier, et nous renvoyons le lecteur pour cette partie de la communication à l'article en question [1].

M. de Marchena décrit ensuite les *tramways à traction mixte de la place de la République à Aubervilliers et à Pantin*. Les chiffres suivants compléteront la description que nous avons déjà publiée de cette installation [2].

La caisse servant à loger la batterie mesure :

Longueur	1,725 m
Largeur	2,080 »
Hauteur	0,605 »

Les 224 éléments sont divisés en 8 groupes de 28 éléments chacun. Chaque élément comprend :

3 plaques positives . . .	5 kg
4 plaques négatives . . .	4 »
Acide (25° B)	2,50 »
Connexions et bac . .	1,50 »
Total	13 kg

Le poids des 24 éléments est donc de $224 \times 13 =$	2 912 kg
Auquel il faut ajouter le poids des 8 petites caisses, à 50 kg l'une . .	400 »
et le poids de la grande caisse . . .	500 »
Ce qui porte le poids total à	3 812 kg

Les plaques positives sont du type à augets avec oxydes rapportés ; les plaques négatives sont obtenues par réduction du chlorure de plomb (modèle de la Société pour le travail électrique des métaux).

Le poids total de la voiture est d'environ 18 tonnes se répartissant ainsi :

Caisse	4 500 kg
Trucks	3 000 »
Moteurs et équipement .	2 500 »
Batterie	3 800 »
56 voyageurs	4 000 »
Total	17 800 kg

Soit environ 250 kg de poids mort par place offerte.

Le fil de trôlet a 110 mm² de section entre les Quatre-Chemins et Aubervilliers et 53 mm² ailleurs.

Les deux feeders, l'un pour Pantin, l'autre pour Aubervilliers, ont chacun 300 mm² de section. Le retour du courant se fait par les rails et par un feeder isolé, souterrain, branché aux Quatre-Chemins.

M. de Marchena a fait sur ces voitures de nombreux essais dont voici les résultats principaux :

Dépenses d'énergie électrique mesurées aux bornes des moteurs.

Consommation constatée *en essais* sur des voitures vides (poids : 14 tonnes environ), sur le trajet Place de la République-Pont de Flandre et retour (longueur : 9,3 km, avec 15 arrêts intermédiaires)	550 watts-heure par voiture km.
Consommation constatée *en essais* avec voitures chargées pesant environ 17 tonnes ; même trajet, mêmes arrêts	625 watts-heure par voiture-km.
Consommation constatée *en service courant* sur le même trajet, avec nombre d'arrêts généralement supérieurs (environ 25 à 30) . . .	675 à 800 w-h par voiture-km, en moyenne 750 watts-heure.

Ces chiffres sont très bas, étant donné le

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XII, p. 537, 18 sep. 1897.
[2] *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 455, 11 juin 1898.

poids considérable des voitures ; ils s'expliquent par ce fait que les moteurs sont bien appropriés au service à effectuer ; ils ne comprennent pas les pertes en ligne ni les pertes entraînées par l'emploi des accumulateurs. On peut se rendre compte de l'importance de celles-ci en comparant les chiffres précédents aux consommations ci-dessous relevées à l'usine.

Consommation moyenne relevée à l'usine par voiture-kilomètre, étant donné qu'environ un tiers du parcours est effectué par trôlet et deux tiers par accumulateurs :

Mois de juin	1 122 w-h
» juillet. . . .	1 334 »
» août	1 462 »

Avant l'établissement du plein service, lorsque le parcours avec accumulateurs était moins important, on avait constaté les consommations suivantes :

Mois d'avril	883 w-h
» de mai	1 058 »

L'emploi des accumulateurs entraîne donc une dépense considérable d'énergie électrique ; par contre, il permet de réduire les frais de génération du courant en raison de la plus grande stabilité de marche des moteurs. Voici les chiffres relevés en pratique :

	fr.		
Avril.	01,25	par kw-h	(échappement libre)
Mai	0,089	»	(condensation)
Juin	0,087	»	»
Juillet	0,067	»	»
Août.	0,069	»	»

Ce sont des chiffres très bas étant donné le peu d'importance de l'usine; toutefois, il serait nécessaire de savoir quelles sont les dépenses comprises dans ces prix de revient.

La communication de M. MAURICE LEBLANC sur l'*excitation des génératrices à courants alternatifs* fera l'objet d'un article spécial de son auteur.

Ampèremètre-balance ;

Par W.-E. AYRTON et J. VIRIAMU JONES (¹)

« Le rapport du Comité des étalons électriques pour le meeting de 1897 se terminait par la phrase suivante : « Il semble donc » qu'il y a urgence à ce qu'une redétermina- » tion de l'équivalent électrochimique de l'ar- » gent soit faite, et que la question générale » des mesures absolues soit reprise... »

» Ce travail nous a été demandé par le Comité, et une somme de 1 875 fr a été mise dans ce but à notre disposition. Nous avons ainsi été amenés à examiner les méthodes employées par lord Rayleigh, le professeur Mascart et par d'autres physiciens pour déterminer la valeur absolue d'une intensité du courant, ainsi que d'autres méthodes qui n'ont pas encore, du moins à notre connaissance, été utilisées jusqu'ici.

» A la suite de cet examen, nous nous sommes décidés à adopter une forme d'appareil qui, quoique ressemblant dans ses grandes lignes à celle employée par divers expérimentateurs, en diffère cependant par plusieurs détails importants et, avant d'entamer le crédit qui nous a été alloué, nous avons fait construire, sans aucun frais pour l'Association, le modèle suivant d'ampèremètre-balance :

» Sur un cylindre vertical d'environ 17 pouces (43,18 cm) de hauteur et de 6,8 pouces (17,27 cm) de diamètre sont enroulées deux bobines ayant une hauteur d'environ 5 pouces (12,70 cm) et séparées par un intervalle de 5 pouces. Ces bobines sont formées par une *seule couche* d'un fil faisant 170 tours et enroulé dans des sens opposés. A l'intérieur de ce cylindre se trouve une légère bobine suspendue au fléau d'une balance ; cette bobine, d'environ 4 pouces (10,16 cm) de diamètre et de 10 pouces (25,4 cm) de hauteur, est formée par une *seule couche* d'un fil faisant

(¹) Cette note, lue au dernier meeting de la British Association for the Advancement of Sciences et non encore publiée, nous a été obligeamment communiquée par les auteurs.

360 tours. L'ensemble est ajusté de telle sorte que quand le fléau est horizontal les axes du cylindre et de la bobine interne coïncident, les plans limitant inférieurement et supérieurement cette dernière bobine coïncidant avec les plans moyens des bobines externes.

» Cette disposition a été adoptée parce que, d'une part, il est possible de déterminer avec soin les dimensions géométriques de bobines formées d'une seule couche de fil, et que, d'autre part, la forme des bobines permet d'exprimer à l'aide d'intégrales elliptiques la formule donnant la force F qui s'exerce entre une nappe de courant cylindrique et uniforme et un courant hélicoïdal coaxial, c'est-à-dire la formule

$$F = \gamma\gamma_h (M_1 - M_2),$$

où γ est l'intensité du courant par unité de longueur de la nappe du courant, γ_h l'intensité du courant dans l'hélice, M_1 et M_2 les coefficients d'induction mutuelle de l'hélice et des extrémités circulaires de la nappe de courant ([1]).

« L'intensité d'un courant particulier d'environ 0,63 ampère ayant été déterminée en *valeur absolue* au moyen de cet appareil, la quantité d'argent qu'il aurait déposée dans des conditions spécifiées a été évaluée indirectement en observant l'intensité électrochimique du courant à l'aide d'une balance de Kelvin, maintenue solidement en place depuis plusieurs années et qui, à plusieurs reprises, avait été étalonnée avec un voltamètre à argent.

» Ces expériences préliminaires ont fourni pour la valeur en argent de l'ampère *vrai* un nombre si voisin du nombre généralement adopté (1,118 mmg par seconde) qu'il paraît indispensable d'avoir un appareil construit avec beaucoup plus de précision pour mettre en évidence une erreur de ce nombre, si toutefois il en existe une.

» Nous avons dès lors établi les plans d'un nouvel appareil, plans que nous soumettons au Comité, et pour la réalisation desquels nous demandons une subvention de 7 500 fr, comprenant les 1 850 fr déjà alloués et non employés ([1]). Nous ajoutons que ce nouvel appareil constituera un ampèremètre-balance national, pour lequel le poids correspondant à une certaine valeur de l'intensité sera déterminé uniquement par un calcul où entrent les dimensions de l'instrument, les nombres de tours de fils sur les trois bobines et la valeur de l'accélération due à la pesanteur à l'endroit où l'instrument se trouvera définitivement installé. Il différera complètement de l' « Ampère étalon du Board of Trade, vérifié en 1894 » pour lequel le poids correspondant à une intensité donnée a été déterminé de telle sorte que le fléau soit horizontal quand l'appareil est traversé par un courant déposant *exactement* 1,118 mmg d'argent par seconde dans les conditions spécifiées. Le nouvel étalon que nous proposons et l'étalon existant différeront exactement de la même manière que diffèrent un appareil de Lorenz et l' « Ohm étalon du Board of Trade, vérifié en 1894 ».

» Nous exprimons nos remerciements à M. Mather pour l'aide qu'il nous a apportée dans la construction et la manipulation de l'appareil d'essais, dans la revision de tous les calculs relatifs à la détermination de l'équivalent électrochimique de l'argent, ainsi que dans l'établissement du plan du nouvel ampèremètre-balance. Nous remercions également MM. W.-H. Derriman et W.-N. Wilson, tous deux élèves du City and Guilds Central Technical College, qui nous ont assistés dans ce travail. »

([1]) J.-V. Jones. Sur le calcul du coefficient d'induction mutuelle d'un cercle et d'une hélice coaxiale et de la force électromagnétique entre un courant hélicoïdal et une nappe de courant cylindrique circulaire, coaxiale et uniforme. *Proceedings of the Royal Society*, t. LXIII. Voir *L'Éclairage Électrique*, t. II, p. 176, ainsi que t. V, p. 208.

([1]) Cette subvention a été accordée depuis la rédaction de ce rapport.

Mesure de la longueur des ondes électriques au moyen du tube à interférences de Quincke ;

Par P. DRUDE [1].

Le dispositif expérimental est analogue à celui de von Lang [2]. Le récepteur est un radioconducteur, constitué par un tube de verre rempli de petites vis en fer : son diamètre est de 2 cm environ et sa longueur de 13 cm ; il est fermé par des fonds en cuivre reposant sur des bouchons et qui sont reliés par des fils à un circuit renfermant en outre un galvanomètre et un accumulateur. La résistance totale du circuit, non compris celle du radioconducteur, est de 1,07 ohm. Cette dernière s'élève dans l'état normal à 2000 ou 3000 ohms et tombe à 3 ohms sous l'influence des ondes électriques.

L'accumulateur et le radioconducteur sont enfermés dans une caisse en zinc munie d'un couvercle à coulisses et présentant deux ouvertures S_1 et S_2. La première ouverture S_1 a un diamètre de 8,5 cm et porte une tubulure de 12 cm de longueur par laquelle les ondes électriques pénètrent dans la caisse : elle peut être fermée par différents diaphragmes ou par un volet en métal. L'autre ouverture S_2, sur l'autre face de la caisse, large de 2,5 cm, porte une tubulure de 5 cm, dans laquelle est engagé un tube long de 2 m et large de 2 cm, renfermant les fils qui conduisent au galvanomètre. La bobine du galvanomètre est complètement entourée de clinquant : une couverture flexible en clinquant assure un contact entièrement métallique avec le tube ; de même entre l'autre extrémité du tube et la tubulure de la caisse. Ces précautions sont indispensables pour que le radioconducteur ne soit pas impressionné tant que le tube d'entrée est fermé.

Pour pouvoir aisément secouer le radioconducteur et faire disparaître la conductibilité acquise, on l'a attaché à un fil qui traverse la paroi de la caisse et au moyen duquel on peut le soulever et le laisser retomber sur son support en bois.

L'excitateur de Righi est disposé horizontalement : les boules ont 8 mm de diamètre et sont fixées à deux tubes de verre, au moyen desquels on peut les approcher à un demi-millimètre l'une de l'autre. L'étincelle principale éclate dans le pétrole (fig. 1) ; quant aux conducteurs reliés à la bobine, il est inutile de les terminer par des boules comme le faisait Righi ; il suffit d'arrondir leurs extrémités.

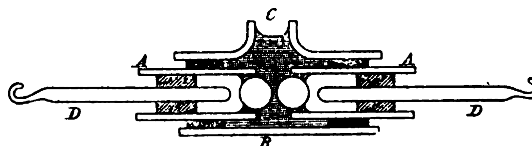


Fig. 1.

La bobine est munie d'un interrupteur Deprez et est mise en marche pour chaque expérience pendant une fraction déterminée de seconde au moyen d'un pendule interrupteur. Le galvanomètre reçoit une impulsion au moment où les ondes atteignent le radioconducteur, et par suite de son bon amortissement prend très vite la position stationnaire qui correspond à la résistance diminuée du radioconducteur.

Parmi les diverses substances essayées pour remplir le tube du radioconducteur, ce sont les petites vis en fer qui ont donné les meilleurs résultats : les aiguilles à tricoter posées l'une sur l'autre ou suspendues l'une à l'autre sont aussi sensibles aux ondes électriques, mais moins et moins régulièrement.

Il semble que la couche d'oxyde recouvrant les surfaces en contact joue un rôle considérable dans le phénomène : cette couche se trouve percée par de petites étincelles qu'on peut apercevoir à l'aide d'une loupe quand les ondes sont intenses ; dans les endroits où la couche d'oxyde a été ainsi percée, s'établit un contact bon conducteur, qui est ensuite détruit par les trépidations. En fait, les copeaux de métaux précieux sont peu sensibles, de même les grains de grenaille ou les clous recuits au bleu et aussi les clous blanchis,

(1) *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 481-498, juin 1898.

(2) *Écl. Élect.*, t. VIII, p. 472.

les uns parce qu'ils n'ont pas de couche d'oxyde, les autres parce qu'ils en ont une couche trop épaisse.

L'excitateur est placé immédiatement en avant de l'ouverture D du tube à interférences ; l'autre ouverture E est entrée dans un diaphragme qui ferme exactement la tubulure de la caisse.

Résultats. — Pendant la durée des observations, l'élongation du galvanomètre obtenue pour un même tirage du tube diminue, mais

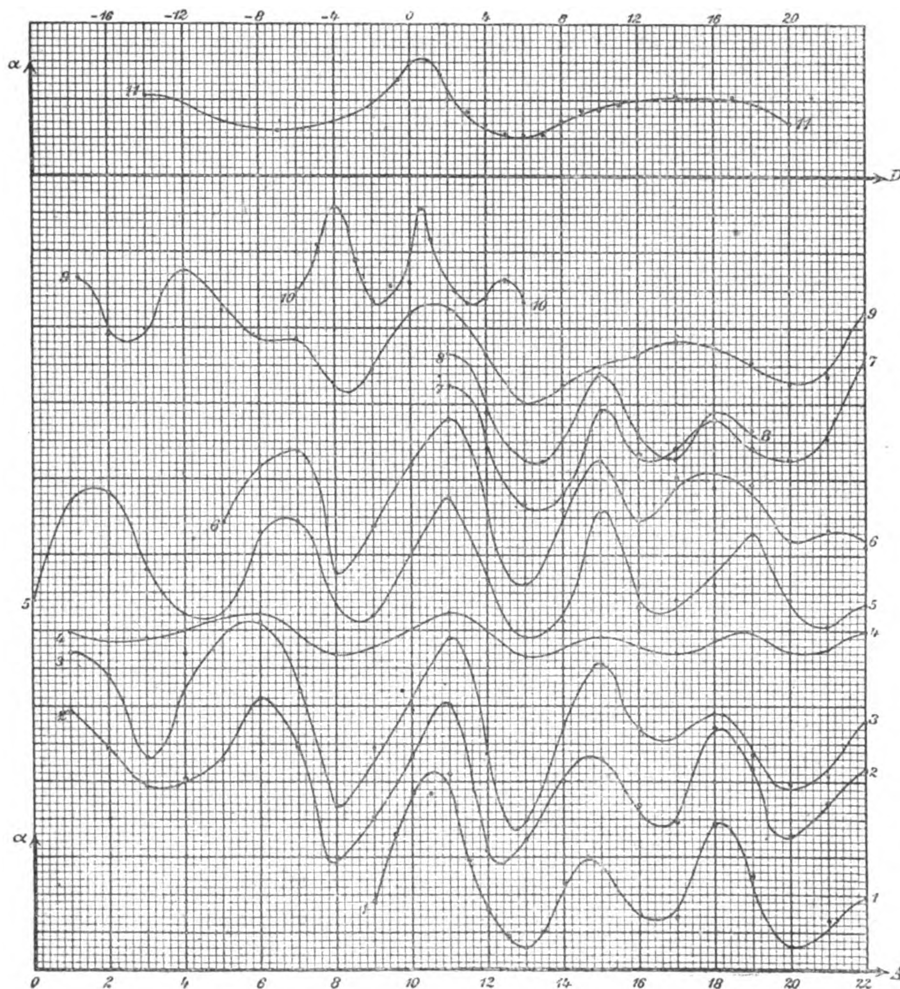


Fig. 2.

les tirages pour lesquels cette élongation passe par un maximum ou un minimum, restent les mêmes. L'ensemble des résultats est représenté par les courbes de la figure 2 qui sont construites en prenant pour abscisses les tirages du tube, pour ordonnées les élongations du galvanomètre. Toutes ces courbes, exception faite pour la courbe n° 9 obtenue dans d'autres conditions de l'excitateur, présentent des maxima et des minima concordants. Comme elles se rapportent à des expériences faites avec différents radioconducteurs, il faut en conclure que la longueur d'onde ne dépend ni de la grosseur des morceaux de métal qui remplissent le radioconducteur, ni de la longueur totale de celui-ci.

D'autre part, la comparaison des mesures faites avec deux tubes de diamètre différent,

montre que la longueur d'onde trouvée est égale au double du diamètre du tube. Le diamètre des boules de l'excitateur n'a donc pas d'influence essentielle sur la longueur d'onde, si ce n'est peut-être que pour certaine valeur de ce diamètre, les interférences sont mieux marquées. On pourrait penser que ceci arrivera quand la longueur des ondes se propageant librement, sans traverser ni diaphragme ni tube, sera égale à la longueur des ondes observées dans le tube. Mais tel ne paraît pas être le cas : une expérience faite avec des boules de 38 mm a donné à peu près le même résultat que les expériences faites avec les boules de 8 mm.

En somme, la conséquence de ces expériences, c'est qu'en plaçant un excitateur de Righi à l'entrée d'un tube métallique suffisamment long, on observe à l'autre extrémité des tubes des oscillations dont la longueur d'onde est égale au double du diamètre du tube. Il est regrettable qu'on ne puisse pas réaliser le phénomène optique correspondant à cause de la faible longueur des ondes lumineuses. Théoriquement, on peut s'expliquer ce phénomène, en remarquant que sur les parois du tube, on doit avoir des nœuds de la force électrique, puisque sur la surface d'un conducteur la force électrique qui lui est parallèle doit s'annuler. Mais il y aurait de grandes difficultés à traiter le problème rigoureusement.

Quelques autres observations sont d'accord avec cette manière de voir :

1° Les interférences dans le tube de Quincke disparaissent presque complètement quand on fait passer les ondes dans de longs tubes de différents diamètres ;

2° La courbe 8 se rapporte à une expérience dans laquelle l'excitateur était muni d'un miroir parabolique : ce miroir portait une tubulure longue de 25 cm, large de 8,5 cm, que les ondes devaient traverser avant de parvenir au tube à interférence, large de 4,7 cm. La longueur d'onde trouvée dans ces conditions est un peu plus grande et les interférences moins nettes ;

3° On peut encore déceler les ondes qui traversent un tube de 15 mm de large ; mais si on le munit en face de l'excitateur d'un entonnoir, les déviations du galvanomètre, au lieu d'augmenter, disparaissent. L'effet de l'entonnoir est le même quand on le met sur un tube large de 3 cm qui, sans l'entonnoir, transmet des ondes très intenses.

La déviation du galvanomètre ne s'annule pour aucun tirage du tube. Il est évident qu'il ne peut en être autrement, car la déviation se produit même sous l'action d'une seule vibration. Or, même quand les tubes sont réglés pour l'interférence complète, c'est seulement la deuxième vibration qui peut être annulée ; la première arrive au radioconducteur sans affaiblissement. D'autre part, à cause de l'amortissement et de l'hétérogénéité des vibrations, la seconde ne pourra être détruite complètement.

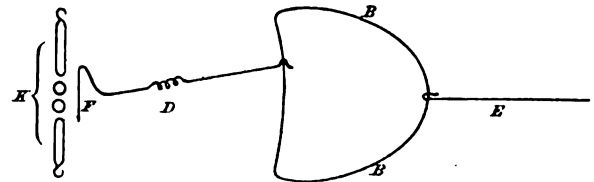


Fig. 3.

Le meilleur indicateur pour déceler les interférences est évidemment un résonateur qui réagit faiblement sur une seule impulsion, mais fortement sur une suite d'impulsions identiques ; or, le radioconducteur ne fonctionne nullement comme un résonateur.

L'auteur a essayé, sans y réussir absolument, à déterminer la longueur des ondes se propageant librement, en cherchant les interférences produites par la réflexion sur deux grandes feuilles de métal au moyen du radioconducteur ; mais on est gêné par la sensibilité exagérée de ce dernier.

Autre dispositif. — Comme les ondes de l'excitateur se propagent avec une grande intensité dans les fils, on répète l'expérience en remplaçant les tubes par de simples fils (fig. 3). La caisse est complètement fermée, sauf une ouverture de 3 mm à travers laquelle

passe un fil isolé E : ce fil forme en dedans de la caisse une boucle BB, le long de laquelle se déplace l'extrémité repliée du fil D; ce fil D se termine par un morceau de fil F tendu parallèlement à l'excitateur. En déplaçant le fil D, on établit une différence de marche entre les deux moitiés de l'onde et on provoque des interférences; mais elles sont moins nettes que dans les tubes (courbe 11, fig. 3). Les résultats sont indépendants de la longueur de F.

M. L.

BIBLIOGRAPHIE

La traction électrique sur voies ferrées, par André Blondel et F.-Paul Dubois. 2 vol. in-8° de XL-841-863 p., avec 1 014 fig. dans le texte. Paris, 1898. *Baudry et Cie*, éditeurs; prix, 50 fr.

M. J. Blondin a déjà analysé le premier volume de ce remarquable ouvrage (¹), le plus complet et le plus parfait qui ait été écrit sur cette question. La traction électrique est relativement peu développée en France ; la majeure partie des appareils et des méthodes ont été créés et appliqués à l'étranger, en Amérique, notamment, et cela a rendu la tâche des auteurs d'autant plus difficile car, pour réunir les éléments de cette œuvre magistrale, il leur a fallu entreprendre de longs voyages d'étude. Un point caractérise principalement ce travail : c'est le souci de rester dans la note pratique indispensable à un livre traitant d'une question industrielle. Sans doute la théorie a une grande part dans ces deux volumes, mais elle n'intervient que pour conduire aux faits d'application et elle est toujours complétée par les chiffres relevés dans la pratique courante.

L'ensemble forme ainsi un guide indispensable à tous ceux qui s'occupent de traction; il évitera bien des tâtonnements et bien des erreurs ; il conduira aussi, nous en sommes certain, à de nombreux perfectionnements en permettant aux ingénieurs de mieux approfondir les projets qu'ils ont à étudier, ce que la hâte ne permet toujours pas. Un autre point qui mérite d'être signalé, c'est le soin que les auteurs ont pris de rendre à chacun la part qui lui est due dans les progrès réalisés ; non seulement de nombreuses notes bibliographiques renvoient aux mémoires originaux, ou donnent des renseignements historiques, mais encore une bibliographie occupant plus de vingt pages à la fin du tome II cite tous les ouvrages ou articles qu'il peut être utile de consulter.

Le tome II est presque exclusivement consacré à l'étude des questions relatives de la traction proprement dite : puissance des moteurs et résistances à vaincre, régulation de la vitesse, freinage.

Les auteurs ne se sont pas contentés d'exposer les méthodes en usage; ils ont pris la question de plus haut et ont étudié successivement les différents modes d'enroulement, d'alimentation, d'accouplement et de régulation et discuté les conditions d'application de chacun d'eux; la conclusion à laquelle ils parviennent, c'est que « les défauts de l'excitation en dérivation en rendent l'emploi peu recommandable au point de vue de l'exploitation sur les tramways autres que ceux à accumulateurs, malgré les avantages qu'elle présente ». L'enroulement en série serait préférable toutes les fois qu'il ne s'agit pas de lignes à profil très accidenté avec rampes importantes ; dans ce cas, ou si l'on tient à l'uniformité de vitesse, l'excitation compound ou l'excitation mixte pourraient être adoptées.

MM. Blondel et Paul Dubois ont été ainsi conduits à imaginer des dispositions particulières pour l'application de ces derniers enroulements, dispositions qui sont décrites dans le chapitre X, consacré à la régulation de la vitesse et qui ne comprend pas moins de 155 pages. Dans ce dernier chapitre, les différents procédés employés pour faire varier la vitesse angulaire des moteurs sont d'abord étudiés et discutés au point de vue théorique; puis les appareils employés pour réaliser les combinaisons convenables sont décrits ; les schémas complets des circuits sont reproduits et, dans la plupart des cas, les dimensions des appareils, les résistances électriques de chaque partie des circuits sont publiées.

L'abondance des documents réunis — dont la publication est souvent faite pour la première fois,

(¹) *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 170, du 22 octobre 1898.

— rendra certainement de réels services aux ingénieurs et aux constructeurs.

Un chapitre spécial est consacré à l'étude des moteurs à courants alternatifs dans leurs applications à la traction ; celles-ci deviennent de plus en plus nombreuses et les moteurs à champ tournant semblent tout indiqués lorsque les difficultés de la transmission ne permet pas d'appliquer directement le courant continu. Cette étude très complète sur un sujet peu connu généralement ne pouvait trouver d'auteur plus compétent que M. A. Blondel ; elle sera consultée avec fruit et est destinée à être pillée — comme tout l'ouvrage, du reste.

Après avoir étudié les moteurs électriques à un point de vue général, il faut se rendre compte de leurs conditions d'application au cas spécial de la traction.

C'est le but du chapitre XIII qui commence par l'étude détaillée des différentes résistances qu'il faut vaincre pour mettre en marche une voiture automobile ou de remorque, sur des voies ferrées quelconques. On en déduit ensuite la nature du service qu'un équipement donné fournira dans des circonstances connues ou réciproquement les données de construction d'un moteur devant assurer un service déterminé. Ces différents points ont été trop souvent négligés ; un grand nombre de constructeurs et d'ingénieurs semblaient croire qu'un moteur de puissance convenable était suffisant, indépendamment de la valeur du couple moteur et de la vitesse angulaire qui en sont les éléments. La création de moteurs pour certains services spéciaux à accélération rapide ou autres a attiré l'attention sur l'importance de ces considérations et il faut espérer qu'elles seront mieux observées à l'avenir.

Le chapitre XIV sert de conclusion pratique aux précédents en indiquant comment s'établit un projet de traction ; il contient de nombreux exemples de calculs de la puissance et de l'énergie nécessaires à la traction sur une ligne dont l'horaire et le tracé sont déterminés, des données d'expérience, etc.

Enfin, deux chapitres consacrés l'un au freinage, l'autre à la conduite, à l'entretien et aux essais des moteurs et du matériel roulant complètent cette partie de l'œuvre. On y trouve des méthodes et des tours de main pratiques, des modèles de spécifications de moteurs, etc., aucun des points de nature à intéresser l'industriel n'ayant été négligé dans cet ouvrage.

G. Pellissier.

Eine Theorie der Gravitation und der elektrischen Erscheinungen auf Grundlage der Hydrodynamik (Théorie de la gravitation et des phénomènes électriques basée sur les principes de l'hydrodynamique); par A. Korn. 1 vol. in-8°, 277 p. 2e édition. *Dümmler*, éditeur, Berlin, 1898.

Pendant longtemps la majorité des théories des phénomènes électriques s'est inspirée de l'hydrodynamique, d'autant plus qu'on assimilait primitivement tous ces phénomènes à des mouvements d'un fluide, ainsi qu'en témoigne la terminologie encore en usage actuellement. Si cette assimilation a cessé d'être considérée comme exacte, on a continué cependant à appliquer aux phénomènes électriques les méthodes de calcul employées en hydrodynamique et un assez grand nombre de théories ont été ainsi construites. Rappelons par exemple les traits essentiels de la théorie des sphères pulsantes de Bjerknes qui peut servir de type.

Une sphère pulsante est une sphère dont le centre est fixe, mais dont le rayon varie périodiquement; il sera représenté dans le cas le plus simple par une fonction sinusoïdale du temps. Deux sphères pulsantes plongées dans un fluide s'attirent et se repoussent comme le feraient deux masses électriques, à une différence près cependant. Tandis que deux masses électriques de même signe se repoussent, deux sphères pulsantes qui ont même phase s'attirent, et inversement. Le signe de la force qui s'exerce entre deux sphères pulsantes est donc l'inverse du signe de la force qui s'exerce entre deux masses électriques.

Deux sphères oscillantes, c'est-à-dire dont le centre exécute des oscillations sinusoïdales rectilignes, exercent l'une sur l'autre la même force que deux masses magnétiques, mais avec la même inversion de signe.

Enfin, Kirchhoff a montré que deux tores de forme invariable, plongés dans un fluide et parcourus par des courants de liquide compressible, ayant respectivement pour intensités I_1 et I_2, exercent l'un sur l'autre la même force que deux circuits électriques parcourus par des courants d'intensité I_1 et I_2, toujours au signe près.

Plusieurs tentatives ont été faites pour supprimer cette différence de signe, notamment par Bücklund, Schwedoff, Leahy. Bæcklund modifie la forme de la pulsation; il suppose que les sphères se dilatent rapidement avec une vitesse constante, puis se contractent lentement avec une vitesse constante aussi. Il obtient ainsi l'inversion de signe cherchée; mais

en négligeant la variation brusque d'une vitesse à l'autre : si on tient compte de ce passage, on retombe sur le résultat de Bjerknes.

Schwedoff attribue au milieu qui entoure les sphères, les propriétés d'un fluide compressible ; on obtient encore le résultat cherché, mais à la condition que l'élasticité du fluide soit comprise entre certaines limites.

Enfin, Lesahy attribue à ce milieu les propriétés d'un solide, satisfaisant aux équations d'élasticité de Lamé ; en choisissant convenablement les deux constantes d'élasticité de Lamé, on arrive aussi à trouver des forces ayant le même sens que les forces électriques.

Dans l'ouvrage qui nous occupe, M. Korn obtient l'inversion de signe en changeant les propriétés du milieu qui joue le rôle de conducteur, c'est-à dire du milieu dont émanent les oscillations. Dans sa théorie, le milieu entourant les sphères, c'est-à-dire un diélectrique, reste un fluide ordinaire, un liquide. Les conducteurs sont considérés comme imparfaitement continus. Voici ce qu'il faut entendre par cette expression. Soit $d\tau$ un élément de volume pris dans le milieu considéré ; μ la fonction des coordonnées qui représente la densité, μ_0 la valeur moyenne de cette fonction à l'intérieur de $d\tau$; le milieu sera dit parfaitement continu si la différence $\mu - \mu_0$ dans toute l'étendue de l'élément $d\tau$ reste du même ordre de grandeur vis-à-vis de μ_0, que les dimensions de l'élément $d\tau$ vis-à-vis de l'unité de longueur ; en d'autres termes : si toutes les dérivées de μ par rapport aux coordonnées restent finies à l'intérieur de cette région. Si cette condition n'est pas remplie, le milieu sera imparfaitement continu.

Une conséquence immédiate de ces définitions se trouvera dans la forme que prendront dans l'un et l'autre cas les équations de d'Alembert. Soit :

$$\int \mu \left(\frac{du}{dt} \delta x + \frac{dv}{dt} \delta y + \frac{dw}{dt} \delta z \right) d\tau = 0 \qquad (1)$$

cette équation sous sa forme générale, dans laquelle u, v, w représentent les composantes de la vitesse. La valeur moyenne μ_0 de la fonction μ à l'intérieur de la région dA est définie par la condition :

$$\int_{dA} \mu d\tau = \mu_0 dA.$$

Admettons d'autre part que la fonction

$$F(x, y, z) = \frac{du}{dt} \delta x + \frac{dv}{dt} \delta y + \frac{dw}{dt} \delta z$$

puisse se développer à l'intérieur de dA en série de Taylor :

$$F(x, y, z) = F(x_0, y_0, z_0) + (x - x_0)\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_{x_0, y_0, z_0} + (y - y_0)\left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)_{x_0, y_0, z_0} + (z - z_0)\left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)_{x_0, y_0, z_0} + \dots$$

Nous pourrons écrire l'équation (1) de la manière suivante :

$$\sum \Big[\mu_0 \int_{dA} F(x, y, z)\, d\tau + \left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)_{x_0, y_0, z_0} \int_{dA} (\mu - \mu_0)(x - x_0)\, d\tau + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)_{x_0, y_0, z_0} \int_{dA} (\mu - \mu_0)(y - y_0)\, d\tau + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)_{x_0, y_0, z_0} \int_{dA} (\mu - \mu_0)(z - z_0)\, d\tau + \dots = 0.$$

Considérons maintenant les intégrales :

$$\xi = \int_{dA} (\mu - \mu_0)(x - x_0)\, d\tau$$

$$\eta = \int_{dA} (\mu - \mu_0)(y - y_0)\, d\tau$$

$$\zeta = \int_{dA} (\mu - \mu_0)(z - z_0)\, d\tau.$$

Supposons que M soit la valeur maxima de $\mu - \mu_0$ dans la région dA et que les intégrales ξ, η, ζ, soient vis-à-vis du produit :

$$M dA.$$

du même ordre de grandeur que les dimensions de dA, nous dirons que le milieu est parfaitement continu.

Par conséquent, quand le milieu est parfaitement continu, il est permis de négliger ξ, η, ζ devant les premiers termes et d'écrire simplement :

$$\sum \mu_0 \int_{dA} \left(\frac{du_0}{dt} \delta x + \frac{dv_0}{dt} + \frac{dw_0}{dt} \right) d\tau = 0.$$

Si le milieu n'est pas rigoureusement continu, il faut ajouter au premier membre de cette équation des termes correctifs qui dépendent essentiellement de la forme des intégrales ξ, η, ζ ; la valeur de celles-ci n'est plus négligeable.

Les définitions fondamentales des sphères pulsantes ou vibrantes, des anneaux vibrants, qui

doivent figurer les phénomènes électriques ou magnétiques sont les suivantes :

1° *Sphère pulsante.* — Un conducteur sphérique, plongé dans un fluide incompressible indéfini et dont la surface exécute des vibrations représentées par les équations

$$u = u_n \cos(nx)$$
$$v = u_n \cos(ny)$$
$$w = u_n \cos(nz)$$
$$u_n = x(x, y, z) \cos 2\pi \frac{t}{T};$$

n est la normale à la surface dirigée vers l'intérieur du fluide ; la fonction x doit être telle qu'il existe un potentiel des vitesses. Par définition, cette sphère constitue un corps électrisé dont la charge est égale à :

$$e = \sqrt{\frac{\mu}{4\pi}} \int x dS$$

μ est la densité du fluide et l'intégrale doit être étendue à tous les éléments de surface dS de la sphère.

2° *Anneau vibrant.* — Soit un anneau à section droite circulaire, de grandeur constante ; le rayon de la section est supposé toujours petit vis-à-vis du rayon de courbure de la courbe axiale ; cet anneau est immergé dans un fluide incompressible indéfini et la surface exécute des vibrations :

$$u = k \cos(\sigma x) \sin 2\pi \frac{t}{T} + u_n \cos(nx)$$
$$v = k \cos(\sigma y) \sin 2\pi \frac{t}{T} + u_n \cos(ny)$$
$$w = k \cos(\sigma z) \sin 2\pi \frac{t}{T} + u_n \cos(nz)$$

k est une constante positive, σ la tangente à la section de l'anneau normale, à la courbe axiale : le sens positif de σ est le sens de la rotation des aiguilles d'une montre, quand on regarde la section par la face positive : cette face positive est déterminée par le sens dans lequel on compte positivement les arcs s de la courbe axiale et qui a été fixé une fois pour toutes : n est la normale dirigée vers l'intérieur du fluide et

$$u_n = u \cos(nx) + v \cos(ny) + w \cos(nz)$$

De plus, le mouvement du fluide doit avoir un potentiel des vitesses et l'expression :

$$\frac{1}{R} \int u_n \, d\sigma$$

doit être du même ordre de grandeur que le rapport du rayon R de la section au rayon de courbure de la courbe axiale, en chaque point s de cette courbe et l'intégrale étant étendue à tout le contour de la section.

Un tel anneau constitue un circuit électrique suivant la courbe s et ayant pour intensité :

$$I = kR\sqrt{\pi\mu}.$$

En partant de ces définitions, sous la condition de considérer le fluide comme parfaitement continu et le solide ou conducteur comme un corps périodiquement solide, on arrive à l'expression connue des forces pondéromotrices.

Par corps périodiquement solide, on entend un corps imparfaitement continu, dont les vitesses apparentes satisfont tant à l'intérieur que sur la surface, aux conditions :

$$\left.\begin{aligned} u_0 &= \xi' + (z - \zeta)\chi' - (y - \eta)\rho' \\ v_0 &= \eta' + (x - \xi)\rho' - (z - \zeta)\pi' \\ w_0 &= \zeta' + (y - \eta)\pi' - (x - \xi)\chi' \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

où ξ, η, ζ, π, ρ, χ sont six variables indépendantes, ξ', η'... leurs édrivées par rapport au temps.

On suppose que ξ', η', ζ' et les produits de π', ρ', χ' par l'unité de longueur ne sont pas par rapport à l'unité de vitesse de l'ordre de grandeur de l'unité de temps divisée par la période T ; de plus que $\frac{d\xi'}{dt^3}$, $\frac{d\eta'}{dt}$, $\frac{d\zeta'}{dt}$ et les produits de $\frac{d\pi'}{dt}$, $\frac{d\rho'}{dt}$, $\frac{d\chi'}{dt}$ par l'unité de longueur, ne sont pas de cet ordre de grandeur par rapport au quotient de l'unité de vitesse par l'unité de temps.

Le corps périodiquement solide, du moment que les déplacements par translation, qui sont par rapport à l'unité de longueur de l'ordre de la période divisée par l'unité de temps sont négligeables, se comportera comme un solide lié invariablement au point (x, y, z) et animé de vitesses angulaires respectivement égales à π', ρ' χ' autour des parallèles menées aux axes Ox, Oy, Oz par le point (ξ, η, ζ).

Les variations δx, δy, δz et les vitesses u, v, w, se décomposeront chacune en trois termes d'après les formules :

$$\left.\begin{aligned} \delta x &= \delta x_0 + \delta x_1 + \frac{T}{2\omega} \delta x_2 \\ \delta y &= \delta y_0 + \delta y_1 + \frac{T}{2\omega} \delta y_2 \\ \delta z &= \delta z_0 + \delta z_1 + \frac{T}{2\omega} \delta z_2 \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

$$
\left.\begin{aligned}
u &= u_0 + u_1 + \frac{T}{2\omega} x'_2 \\
v &= v_0 + v_1 + \frac{T}{2\omega} y'_2 \\
w &= w_0 + w_1 + \frac{T}{2\omega} z'_2
\end{aligned}\right\} \quad (3)
$$

en posant :

$$2\omega = 2\pi \times \text{unité de temps.}$$

Aucune des variables entrant dans le second membre de ces équations ne doit être par rapport à l'unité de vitesse du même ordre de grandeur que le quotient de l'unité de temps par la période.

Il reste encore à imposer aux termes affectés de l'indice $_0$, les conditions auxquelles ils doivent satisfaire dans l'intérieur et à la surface du corps solide, soit :

$$
\left.\begin{aligned}
\delta x_0 &= \delta\xi + (z - \zeta)\,\delta\chi - (y - \eta)\,\delta\rho \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \quad (4)
$$

et pour u_0, v_0, w_0 les conditions (1).

A la surface de séparation du corps périodiquement solide et d'un fluide parfaitement continu, les déplacements δx_e, δy_e, δz_e et les vitesses u_e, v_e, w_e de ce dernier, se mettront sous la forme :

$$
\left.\begin{aligned}
\delta_e &= \delta x_{0,e} + \delta x_{1,e} + \frac{T}{2\omega} \delta x_{2,e} \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \quad (5)
$$

$$
\left.\begin{aligned}
u_e &= u_{0,e} + u_{1,e} + \frac{T}{2\omega} x'_{2,e} = \\
&= u_{0,e} + u_{2,e} \cos 2\pi \frac{t}{T} + u_{3,e} \sin 2\pi \frac{t}{T} + \frac{T}{2\omega} x'_{2,e} \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}\right\} \quad (6)
$$

en posant :

$$\delta x_{0,e} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} (\delta x_{0,e} + \delta x_{1,e})\, dt$$

et les deux équations analogues,

$$u_{0,e} = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} (u_{0,e} + u_{1,e})\, dt$$

et les deux équations analogues.

Sur la surface de séparation entre le solide et le fluide, en affectant de l'indice i les variables qui se rapportent à l'intérieur du solide et de l'indice e celles qui se rapportent au fluide :

$$
\begin{aligned}
\delta x_i \cos(nx) + \delta y_i \cos(ny) + \delta z_i \cos(nz) = \delta x_e \cos(nx) & \quad (7) \\
+ \delta y_e \cos(ny) & \\
+ \delta z_e \cos(nz) &
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
u_i \cos(nx) + v_i \cos(ny) + w_i \cos(nz) = u_e \cos(nx) & \\
+ v_e \cos(ny) + w_e \cos(nz) & \quad (8)
\end{aligned}
$$

n désignant la normale dirigée vers l'intérieur du fluide

De plus :

$$
\left.\begin{aligned}
\delta x_{1,i} &= \delta x_{1,e} & \delta y_{1,i} &= \delta y_{1,e} & \delta z_{1,i} &= \delta z_{1,e} \\
u_{1,i} &= u_{1,e} & v_{1,i} &= v_{1,e} & w_{1,i} &= w_{1,e}
\end{aligned}\right\} \quad (9)
$$

puis :

$$
\begin{aligned}
\frac{1}{2\omega} a_n \delta x_{2,i} &= -\frac{1}{2\omega} a_n \delta x_{2,e} \\
&= \frac{T}{4\pi^2}\left[a_n \left(\frac{\partial u'_i}{\partial x} \delta x_i + \frac{\partial u'_i}{\partial y} \delta y_i + \frac{\partial u_i}{\partial z} \delta z_i \right) \right.
\end{aligned}
$$

et les deux autres équations obtenues par permutation tournante. On a posé :

$$\left. + u'_{i,n} \delta x_i - u'_i \delta x_{i,n} \right]$$

$$u_i = \frac{du_i}{dt} \ldots, \text{etc.} \quad (10)$$

$$
\left.\begin{aligned}
a_n &= a \cos(nx) + b \cos(ny) + c \cos(nz) \\
\delta_{i,n} &= \delta x_i \cos(nx) + \delta y_i \cos(ny) + \delta z_i \cos(nz) \\
u'_{i,n} &= u'_i \cos(nx) + v'_i \cos(ny) + w_i \cos(nz)
\end{aligned}\right\} \quad (11)
$$

a_1 b_2 c étant constants sur toute la surface du solide.

Cet ensemble d'équations définit le corps périodiquement solide et d'autre part on suppose que le fluide est parfaitement continu, c'est-à-dire satisfait à la définition donnée ci-dessus.

Il reste à appliquer à ces corps ainsi définis les principes de la dynamique, pour arriver à l'expression des lois d'attraction et de répulsion électriques et magnétiques. Les calculs sont compliqués, trop compliqués pour être même résumés ici. Les équations finales concordent avec celles de Maxwell pour le diélectrique; mais les équations relatives aux conducteurs et les conditions limites sont différentes. Les fonctions qui représentent dans la théorie de Maxwell le déplacement électrique et le déplacement magnétique et qui n'ont pas de signification mécanique immédiate, sont ici proportionnelles à l'amplitude de vibrations, dont la période doit être regardée comme extraordinairement petite vis-à-vis de la période des vibrations lumineuses.

M. L.

Atti della Associazione Elettrotecnica Italiana. (Comptes rendus de l'Association électrotechnique italienne). *Bernardoni,* éditeur, Milan.

L'Association électrotechnique italienne n'est fondée que depuis août 1896, elle eut comme premier président l'illustre Ferraris et a comme président actuel M. Colombo. Cette association comprend plusieurs sections, dont la section centrale, d'abord à Turin, a été transférée à Milan lors de la nomination du second président.

Le premier volume des Comptes rendus comprend les procès-verbaux des séances de fondation et d'une séance extraordinaire en l'honneur de Ferraris. Il comprend en outre un certain nombre de communications techniques assez intéressantes et qui montrent que l'Italie tient son rang en électricité.

Comme quelques-unes de ces communications ont déjà été ou seront analysées dans cette revue, nous nous contenterons de signaler les principales.

Ce sont celles sur les travaux bien connus de M. Arno, concernant le démarrage des moteurs asynchrones monophasés à l'aide d'une légère impulsion ; celle sur le même sujet de MM. Maffioti et Pescetto ; les études de M. Grassi sur les transformateurs de courants alternatifs triphasés en courant alternatif simple et sur le calcul des induits ; celles sur un nouveau type d'accumulateur léger du colonel Pescetto ; la description de l'installation à haute tension avec accumulateurs de Naples.

Citons enfin une étude expérimentale du professeur S. Pagliani sur l'influence bien connue de la différence de charge dans une distribution à courants triphasés, sur les tensions entre les barres des trois circuits, étude malheureusement peu complète.

Les communications indiquées sont au nombre de quinze, comme on le voit, sur des sujets les plus divers, et ont été faites dans les différentes sections de Turin, Genève, Milan, Palerme, etc.

J. R.

CHRONIQUE

Manœuvre à distance à l'aide des oscillations hertziennes. — La presse quotidienne de New-York de la semaine dernière faisait connaître une nouvelle et merveilleuse invention de Nikola Tesla qui, suivant l'inventeur ou plutôt, croyons-nous, suivant les reporters qui l'ont interwievé, aurait les conséquences les plus extraordinaires.

D'après le *New-York Herald* du 8 novembre, qui consacre trois colonnes de petit texte et une illustration très suggestive à la nouvelle invention, l'inventeur aurait construit un modèle de démonstration qui était destiné à être montré au président Mac Kinley pour le décider à faire usage du procédé pour la destruction de la flotte de l'amiral Cervera alors qu'elle était enfermée dans la rade de Santiago. Ce modèle, que le reporter du *New-York Herald* dit avoir vu fonctionner, se compose d'un petit navire dont l'hélice est mue par un moteur électrique alimenté par des piles ; il porte trois mâts, les deux extrêmes portant des lampes à incandescence ; le mât central, plus élevé, étant muni d'un conducteur aboutissant à un appareil placé à l'intérieur du navire et commandant le moteur et divers autres accessoires. Dans une pièce séparée de celle où se trouvent le petit navire et le bassin à parois de verre dans lequel il évolue, est placé le manipulateur au moyen duquel l'opérateur dirige tous les mouvements du navire sans qu'aucune liaison apparente existe entre les deux pièces; au gré de l'opérateur le navire avance, recule, change de direction ; les lampes des mâts s'allument ou s'éteignent, etc.

Cette mise en scène est certainement bien faite pour frapper l'imagination, d'autant plus que le *New-York Herald* ajoute que M. Tesla se propose de transporter son modèle de démonstration à l'Exposition de 1900, à Paris et qu'il le fera mouvoir de son bureau de New-York ! ! ! Mais il résulte des explications, d'ailleurs bien peu nettes, et souvent extravagantes, qui accompagnent cette description, qu'il n'y a rien de merveilleux dans la nouvelle invention et que celle-ci se borne à une nouvelle application des ondes hertziennes. Bien entendu, tout le mérite de cette application est attribué à Tesla et il semble que les Américains ignorent totalement Hertz, Branly, Lodge, Popoff, Marconi et autres savants expérimentateurs qui, avant Tesla,

sont parvenus à actionner à distance des appareils divers à l'aide des oscillations hertziennes.

Le merveilleux nous paraît surtout résider dans les conséquences que, toujours suivant le rédacteur du *New-York Herald*, l'inventeur semble tirer de son invention, soi-disant nouvelle.

M. Tesla estime, en effet, que l'on pourra manœuvrer d'un poste situé à une distance suffisante d'une flotte ennemie pour n'avoir rien à craindre de celle-ci, un torpilleur, flottant ou sous-marin, chargé d'une quantité énorme d'explosifs que l'on fera éclater quand il se trouvera dans le voisinage de cette flotte, et que par suite les plus puissants cuirassés du monde n'ont plus maintenant aucune valeur militaire. Au moment où la guerre hispano-américaine vient de finir et où la France et l'Angleterre font des armements, l'occasion était donc bonne pour lancer une invention aussi extraordinaire.

Mais s'il est facile de diriger une torpille, il ne sera pas plus difficile de diriger un bateau de sauvetage, et, après avoir aboli les guerres navales, M. Tesla deviendra un grand bienfaiteur de l'humanité en sauvant des existences humaines sans mettre en péril celles de courageux sauveteurs.

Nous ne nous étendrons pas plus longtemps sur les extraordinaires applications prévues ; celles-ci suffisent. Nous ajouterons seulement que, fort heureusement, après un jour ou deux d'emballement, la presse américaine a fini par juger l'invention de Tesla à sa juste valeur. Dans une lettre publiée dans le *New-York Herald* du 10 novembre, M. Dolbear remettait les choses au point et le *Courrier des Etats-Unis* du 11 novembre écrivait que « M. Tesla a simplement fait une application théorique de découvertes déjà anciennes... et d'ailleurs le principe de la direction des torpilles à l'aide de la télégraphie sans fils nous a été exposé, il y a plusieurs mois déjà, par M. Georges d'Infreville, dont la compétence est bien connue ».

En résumé, beaucoup de bruit pour bien peu de chose.

Expériences de télégraphie hertzienne entre la tour Eiffel et le Panthéon. — Dans ces expériences, faites par M. Ducretet, les signaux reçus au Panthéon ont toujours été très nets, même par un brouillard assez épais, ce qui permet de prévoir qu'avec les mêmes appareils on pourrait correspondre à une distance plus grande que la distance de quatre kilomètres séparant les deux station des essais. Au contraire les signaux envoyés du Panthéon ne produisaient aucun effet sur l'appareils récepteur installé à la tour Eiffel ; ce résultat négatif, conforme à ce que M. Mascart avait prévu au début des essais, doit être attribué à la proximité du fil collecteur et de la charpente métallique de la tour.

Le poste transmetteur, installé sur la troisième plate-forme de la tour, dans les premiers essais, comprenait une bobine de Ruhmkorff, de 25 cm d'étincelles, munie d'un interrupteur à moteur (*Ecl. Elec.*, t. XV, p. 237), et deux interrupteurs à mains, et un oscillateur à trois sphères. Une des sphères extrêmes de l'oscillateur était en communication avec une extrémité du fil radiateur suspendu dans l'espace jusqu'à la plate-forme intermédiaire ; l'autre sphère extrême était reliée à la masse métallique de la tour. Dans ces conditions, la longueur des étincelles entre les sphères de l'oscillateur était beaucoup plus faible qu'à l'ordinaire, sans doute parce que le fil radiateur, au voisinage de la tour métallique, acquiert une grande capacité.

L'appareil récepteur, installé au Panthéon sur la terrasse au-dessus des colonnades, était semblable comme organes à celui qui a été décrit antérieurement dans ce journal (t. XV, p. 237), mais rendu très portatif. Le fil collecteur qui y était relié avait 44 m de longueur, dont 32 m seulement étaient visibles de la tour Eiffel.

Ajoutons que M. Ducretet a installé, au-dessus de son laboratoire de la rue Claude-Bernard, un mât dépassant de 20 m les maisons voisines et qui lui permettra de faire des essais à grande distance avec des postes situés hors Paris. Déjà il a été constaté qu'entre ce mât et le Panthéon la transmission est parfaite dans les deux sens, même en plaçant le récepteur sur la face du monument la plus éloignée du mât, auquel cas les ondes électriques doivent contourner ou traverser le massif de pierre.

La nouvelle station centrale et les sous-stations de Hull (Angleterre). — L'insuffisance des extensions dont l'ancienne station avait été l'objet et surtout l'encourageante perspective d'un développement progressif des applications de l'énergie électrique dans la ville de Hull ont donné lieu à l'établissement d'une nouvelle station qui est maintenant en plein fonctionnement.

Cette station est érigée à Sculcoates-lane et produit du courant qui sert à l'alimentation, par l'intermédiaire de deux sous-stations, de deux nouveaux réseaux à haute et basse tension et à des extensions des anciens réseaux. La chambre de chauffe comprend trois chaudières types Lancashire et Babcock et Wilcox, pourvues de tous les accessoires modernes pour en obtenir une production économique de vapeur, tels que économiseur Green, appareils Pemberton pour filtrer et purifier les eaux d'alimentation, condenseurs, etc. Les appareils de ramonage de l'économiseur sont actionnés par un petit moteur électrique de 2 chevaux; de même, les pompes centrifuges des condenseurs sont commandées par deux moteurs shunt de 14 et 30 chevaux respectivement. Ces trois moteurs sont branchés sur un circuit spécial, à 220 volts, localisé dans l'usine.

La salle des machines renferme deux groupes distincts d'appareils générateurs; l'un d'eux produit du courant à basse tension et consiste en une paire de moteurs Willans de 100 chevaux accouplés directement à deux dynamos Parker de chacune 130 ampères à 300 volts. Ce groupe, auquel se rattachent un moteur générateur et une batterie d'accumulateurs, alimente le réseau le plus rapproché de l'usine. L'autre groupe produit du courant à haute tension et se compose de deux moteurs Willans de 360 chevaux accouplés chacun à une dynamo bipolaire Parker de 90 ampères à 2 250 volts Ces machines sont excitées par du courant emprunté au circuit de l'usine. Leurs armatures sont enroulées suivant la méthode Eickmeyer.

Les moteurs à vapeur sont disposés pour fonctionner individuellement avec ou sans condensation selon les besoins. Le démontage des différentes machines s'opère à l'aide d'un pont roulant de 10 tonnes qui complète l'équipement mécanique de la salle des machines.

La batterie d'accumulateurs, située dans un local voisin de la salle des machines, est constituée par 126 éléments Pritchet and Gold et a une capacité de 300 ampères-heures à 225 volts. Chaque élément se compose d'un groupe de 11 plaques enfermées dans un bac en verre.

Le courant à haute tension est dirigé par deux séries de feeders à deux sous-stations situées l'une à Albion street et l'autre à Argyll street. La première a été érigée à cette intention et contient deux transformateurs rotatifs Parker de 90 kilowatts et un moteur générateur. Le courant que reçoivent ces appareils est réduit de 2 250 à 225 volts et sert à l'alimentation d'une partie de l'ancien réseau. Le moteur générateur alimente simultanément deux réseaux à trois fils, l'un à 220 et l'autre à 450 volts.

Les appareils de la seconde sous-station sont logés dans des arches, aménagées à cet effet, d'un chemin de fer élevé qui passe dans Argyll street. Quatre de ces arches sont utilisées, d'eux d'entre elles renferment l'une les transformateurs et leurs appareils accessoires, l'autre une puissante batterie d'accumulateurs; les deux autres arches servent actuellement de magasins en attendant les extensions futures.

Les transformateurs de cette sous-station sont au nombre de quatre: deux de 90 et deux de 45 kilowatts, ils réduisent comme les précédents la tension à 225 volts. Le courant à cette station est réparti, entre les différentes conduites principales d'un nouveau réseau indépendant des autres, par les appareils du tableau situé dans la chambre même des transformateurs. La batterie dont nous avons parlé plus haut est formée de 240 éléments Pritchet and Gold du même modèle que ceux de la station génératrice. La charge en est effectuée en trois séries de chacune 80 éléments avec du courant emprunté aux conduites principales et la décharge opérée sur les mêmes conduites en deux séries de 120 éléments.

Les transformateurs employés dans ces deux sous-stations sont tous du type Parker, à enroulement Eickmeyer et à double collecteur. La lubrification des parties mobiles est assurée par l'huile qui leur arrive sous pression. De ce chef la surveillance de ces appareils est presque nulle.

L'établissement du nouveau réseau ainsi que les extensions données aux anciens comporte une longueur de câbles d'environ 42 kilomètres. Les feeders à haute tension sont soigneusement isolés et logés séparément dans des conduites en grès de Doulton: les feeders secondaires à armature en plomb et les câbles armés ordinaires des nouveaux réseaux sont simplement posés en terre. U.

Station génératrice hydraulique d'électricité du Mont-Dore. — A la dernière séance de la Société des ingénieurs civils, M. Lavezzari donnait une description détaillée de cette installation.

L'eau motrice est fournie par le lac de Guéry, sur la route de Clermont-Ferrand au Mont-Dore, à 10 km de cette dernière ville. A la cote 1 250, ce lac

est alimenté par un bassin de plus de 1 000 hectares de superficie, sur lequel tombe une couche d'eau annuelle de 1,50 m mesurée au pluviomètre ; il a pour déversoir le ruisseau de l'Enfer.

La retenue est constituée par un mur de barrage qui a relevé le niveau du lac de 5 mètres en lui donnant une superficie de 26 hectares.

L'usine est située sur la Dordogne et sa prise d'eau est juste en face du confluent du ruisseau de l'Enfer avec cette rivière.

La canalisation, en tôle d'acier de 4 mm d'épaisseur pour un diamètre de 60 cm, a une longueur de 860 m, qui permet d'obtenir une chute totale de 40 mètres et une puissance de 250 chevaux environ. La conduite longe la rive gauche de la Dordogne, emprunte sur une longueur de 240 m le talus du chemin de fer, puis traverse la Dordogne au moyen d'un aqueduc de 16 m d'ouverture, placé à 4 m au-dessus du niveau de l'eau, et par une charpente en forme de ferme. Cette partie de l'installation a été faite par la maison Bouchayer et Viallet, de Grenoble.

L'usine comprend trois turbines de MM. Brenier, Meyret et Cie, directement accouplées à trois dynamos à courant continu à 550 volts. Une double canalisation de 3 400 m de longueur établie sur les hauteurs du plateau du Rigolet conduit le courant au Mont-Dore où des compensatrices le distribuent sur quatre ponts, la différence de potentiel entre deux ponts étant de 125 volts. La partie électrique de l'installation a été exécutée par la maison Hillairet-Huguet.

L'ensemble de l'installation a coûté 150 000 fr, soit 600 fr environ par cheval. La durée totale des travaux a été de 120 jours, sur lesquels il y a eu plus de 80 jours de pluie ou de neige. Terminée le 29 juin au matin, cette installation a commencé son service le soir même et ne l'a plus interrompu depuis.

Chemin de fer électrique de Berlin à Zehlendorf. — Dans un de ses derniers numéros, le *Génie Civil* nous apprend que, d'après une conférence de M. Bork publiée dans les *Annalen für Gewerbe und Bauwesen* du 15 août, il sera établi, d'ici quelques semaines, un service régulier de trains électriques entre les stations de Berlin et de Zehlendorf, distantes de 12 km.

Le train se composera de 9 voitures de banlieue du type ordinaire à trois essieux, et pèsera 210 tonnes.

Les voitures de tête et de queue seront toutes les deux automotrices ; ce seront des voitures de troisième classe transformées, dont le premier compartiment sera réservé au mécanicien électricien et le deuxième pour les bagages, tandis que les autres compartiments resteront à la disposition des voyageurs. On évite ainsi toute manœuvre aux gares terminales et le mécanicien change simplement de place.

Le trajet simple durera vingt-sept minutes, y compris les arrêts à quatre stations intermédiaires ; il en résulte une vitesse moyenne de 40 km à l'heure.

La ligne sera desservie par quinze trains par jour dans les deux sens.

Chaque voiture automotrice est munie de deux moteurs électriques de 100 chevaux montés directement sur les deux essieux extrêmes au moyen de manchons en bronze. En ordre de marche, ces essieux sont chargés à raison de 10 tonnes chacun.

Les moteurs sont du type ordinaire des moteurs de tramway, c'est-à-dire complètement fermés, à quatre pôles dont deux conséquents.

Un combinateur permet de grouper les moteurs en série pour les démarrages et d'obtenir les changements de vitesse au moyen de résistances de démarrages et de shunts d'inducteurs.

Les deux voitures automotrices d'un train sont reliées électriquement de manière à pouvoir, en cas de besoin, employer les quatre moteurs comme freins.

Outre ce freinage électrique, toutes les voitures sont munies de freins électromagnétiques et du frein Westinghouse.

La distribution du courant se fait par un troisième rail situé du côté gauche de la voie, à la limite du gabarit.

Pour mettre le personnel de la voie à l'abri des accidents, les rails distributeurs sont protégés sur toute leur longueur par deux pièces de bois latérales.

La prise de courant est constituée par un simple patin en fonte glissant sur le rail et fixé à la boîte à graisse, au milieu de chaque automotrice.

La tension de distribution est de 550 à 600 volts et le courant est fourni par une station de tramways située à proximité et dont on a augmenté la puissance effective par l'adjonction d'une batterie volante.

D'après les indications de l'auteur de la conférence, il paraîtrait que l'on réalisera par la traction électrique une économie sérieuse sur l'exploitation par locomotives à vapeur.

Comparaison entre les rhéostats de démarrage et les contrôleurs série-parallèle pour le service des voitures de tramways. — A la dernière réunion de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, qui a eu lieu en août, à Boston, M. Thomas Gray faisait connaître les résultats des essais effectués sur le réseau de Louisville avec des voitures munies d'un contrôleur à rhéostat de démarrage et des voitures munies d'un contrôleur série-parallèle.

Les deux moteurs des premières voitures étaient toujours reliés en parallèle et le courant total traversait le rhéostat dont la résistance maxima était de 4,2 ohms. Sur les autres voitures, les deux moteurs étaient reliés en série ou en parallèle suivant la position de la manette du contrôleur. Sur les unes et les autres voitures, les deux moteurs se trouvaient finalement dans les mêmes conditions : connexions en parallèle sans résistance additionnelle dans le circuit.

Un wattmètre enregistreur donnait le nombre de watts-heures dépensés pour un parcours de 9 km environ pendant lequel la voiture était arrêtée quarante fois; un ampèremètre donnait l'intensité du courant. La voiture pesait 7,5 tonnes, la vitesse maxima entre deux arrêts était de 20 km : h environ.

La lecture de l'ampèremètre a montré qu'avec l'emploi d'un simple rhéostat de démarrage, l'intensité prend sa valeur maxima au moment même où l'on lance le courant. L'intensité décroît ensuite assez régulièrement à mesure que la vitesse de la voiture augmente, présentant nécessairement une variation brusque à la mise hors circuit de chaque partie du rhéostat. Avec le contrôleur série-parallèle le maximum d'intensité se produit au moment où les deux moteurs de la voiture sont mis en parallèle, la vitesse de la voiture étant déjà de 8 à 9 km : h.

La lecture du wattmètre a permis de constater qu'avec un simple rhéostat de démarrage, l'énergie dépensée pour accomplir le parcours était de 10 à 15 p. 100 supérieure à celle que l'on dépense avec un contrôleur série-parallèle. La dépense moyenne était de 900 watts-heure environ par voiture-kilomètre.

La nouvelle lampe à incandescence de Nernst. — Nous avons indiqué, il y a quelque temps déjà, le principe sur lequel est basée la lampe du professeur Nernst. (Voir *L'Éclairage Electrique*, t. XV, p. 336.) A cette époque la lampe pratique n'était pas encore réalisée; il n'en est plus de même, maintenant, et s'il reste encore quelques détails à perfectionner, il n'est pas moins vrai que la vente des brevets, en France, en Allemagne et aux Etats-Unis, je crois, ont déjà rendu millionnaire le professeur Nernst; mais celui-ci, savant avant tout, a employé cet argent à construire de nouveaux laboratoires. La nouvelle lampe a le même format que la lampe Edison, et c'est cette grandeur même à obtenir qui a été le principal obstacle, maintenant vaincu; la lampe Nernst, aussitôt lancée industriellement, pourra donc remplacer instantanément la lampe actuelle. Le rendement lumineux est incomparablement supérieur à celui de nos lampes à incandescence. La puissance nécessaire par bougie décimale ne dépasse pas 1,5 vatt, et ce chiffre pourra sans doute être encore abaissé; la nouvelle lampe produit donc une économie de près de moitié dans la consommation de courant.

Le foyer lumineux est constitué par un petit cylindre de magnésie de 1,5 cm environ de longueur et de 2 à 3 mm de diamètre. Ce cylindre est entouré, à très petite distance, par une petite spirale de platine. Lorsqu'on ferme le circuit au moyen d'un interrupteur ordinaire, le courant passe à travers le fil de platine qui rougit et échauffe par rayonnement le bâtonnet de magnésie. La magnésie ainsi chauffée devient conductrice, et le courant passe alors par le bâtonnet et abandonne la spirale de platine. Le bâtonnet devient d'un blanc éblouissant et, en même temps, par suite du déclenchement d'un petit électro-aimant, la spirale découvre la magnésie et tombe de côté. Tout ce petit système est renfermé dans une ampoule de verre de même volume que celle des lampes Edison, et cette ampoule est en communication libre avec l'air qui fournit l'oxygène nécessaire à la régénération de la magnésie en partie électrolysée; il n'y a donc pas de vide à faire.

Une telle lampe fonctionne déjà dans le cabinet de l'inventeur, et l'allumage est presque aussi rapide que celui des lampes ordinaires. C'est là le premier triomphe de la physique chimique et ce n'est pas le dernier.

L'inventeur a donné 100000 fr à l'ouvrier qui lui a construit sa première lampe, exemple assez rare de reconnaissance, et marque d'originalité. G.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. **Samedi 3 Décembre 1898** **6e Année. — N° 49.**

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

APPAREILS DE MESURES

Les lecteurs de *L'Éclairage Électrique* se sont déjà rendu compte que, sous ce titre, était renfermée une simple analyse des brevets relatifs aux mesures électriques. L'étude des brevets peut avoir quelquefois un certain intérêt documentaire, c'est pourquoi nous nous efforçons, dans les articles, de chercher sous les explications, assez confuses généralement, des inventeurs, le point qu'ils ont voulu se réserver par le brevet ; mais évidemment cette recherche n'engage en rien la responsabilité du signataire, ni sur la validité du brevet, ni sur l'exactitude des principes mis en cause. Ceci dit, une fois pour toutes, examinons un certain nombre de brevets relatifs à des applications diverses.

Dans le but d'obtenir la variation simultanée de la résistance dans deux circuits distincts, J. Horace Reeves [1] dispose deux séries de bobines identiques dans la même boite et relie chacune d'elles à une série de plots, de telle sorte que les bobines de même valeur soient connectées aux plots directement superposés, A_1 B_1, A_2 B_2 (fig. 1 et 2). On comprend facilement que l'introduction de la clef spéciale (fig. 3) met en court-circuit,

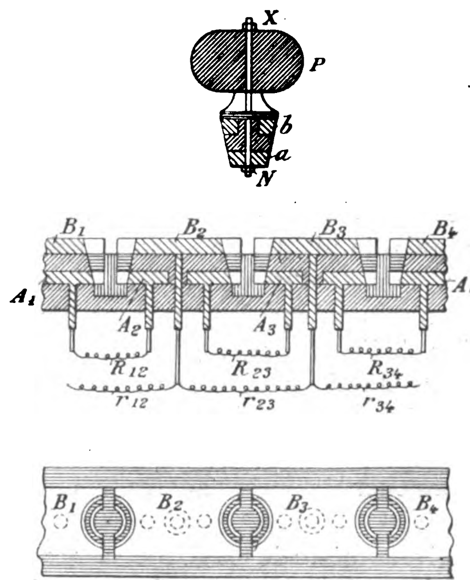


Fig. 1, 2 et 3. — Boite de résistances de H. Reeves.

simultanément, les deux résistances semblables, au moyen des blocs de cuivre *a* et *b*, isolés l'un de l'autre.

Pour réduire l'espace occupé quand on a besoin de deux galvanomètres, et pour faci-

[1] Brevet anglais, n° 12469, déposé le 20 mai 1897, accepté le 14 mai 1898. 6 figures.

liter les lectures, Ed. Weston (¹) réunit sur une seule base deux de ses galvanomètres, à aimant et cadre mobile, bien connus. Les aimants sont formés de deux barres droites M (fig. 4 et 5) dont les extrémités en regard sont

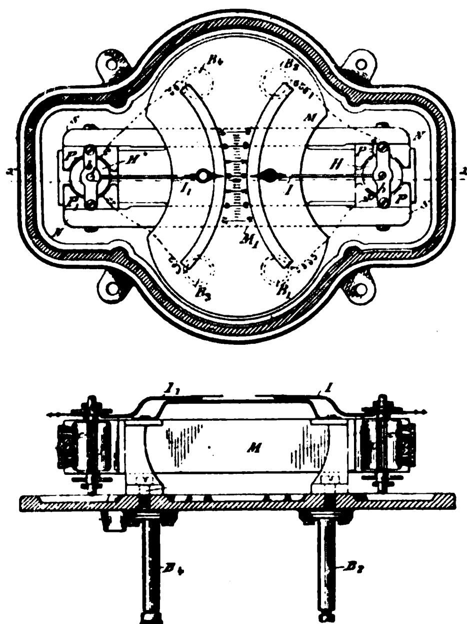


Fig. 4 et 5. — Double galvanomètre Weston, plan et coupe.

des pôles contraires; des pièces polaires PP_1, ainsi que des noyaux de fer cylindriques, H, complètent le circuit magnétique. Les cadres C sont munis de pivots, de ressorts spiraux et d'index, comme d'habitude. Les deux index viennent pointer sur deux cadrans placés en face l'un de l'autre; ces cadrans peuvent porter des graduations quelconques, soit identiques, soit différentes, par exemple, l'un en volts, l'autre en ampères. Les bornes B servent à amener le courant aux cadres mobiles.

Le galvanomètre de O. B. Shallemberger (²) est aussi à cadre mobile, mais, comme dans un certain nombre d'appareils du même genre, le cadre mobile est entièrement en dehors de l'axe sur lequel il pivote. Deux aimants en C sont réunis par des pièces de fer RR_1, de façon à former deux pôles conséquents (fig. 6 et 7); deux anneaux de fer PQ, portés par

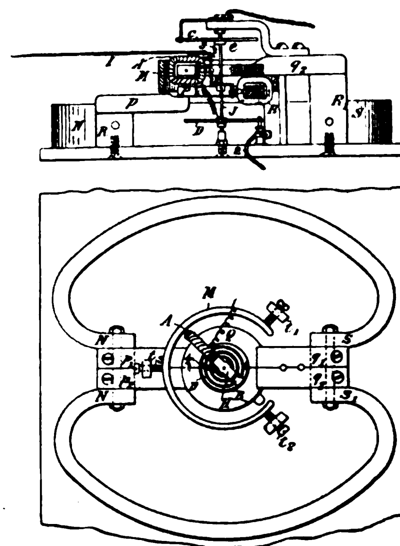


Fig. 6 et 7. — Galvanomètre Shallemberger, coupe et plan.

des lames pq, forment les pièces polaires entre lesquelles se produit un champ magnétique annulaire. La bobine A embrasse un des anneaux et est attachée, par un bras H, sur un axe vertical placé au centre des anneaux PQ; sur le second anneau passe un cadre fermé B, en cuivre, qui sert à l'amortissement. On peut aussi remplacer B par un second cadre en fil, mais, dans ce cas, les deux cadres sont enroulés sur des carcasses fermées, en cuivre, qui assurent l'amortissement. L'axe porte deux ressorts spiraux, CD, en bronze phosphoreux, qui servent de force antagoniste et relient électriquement le cadre au circuit extérieur. I est l'index qui permet la mesure des déviations.

Un anneau de fer M, concentrique à PQ, est placé autour des pièces polaires, qu'il ne touche pas. Cet anneau sert à éviter les actions magnétiques extérieures et aussi à régler l'uniformité du champ dans l'entrefer, entre P et Q, par les dérivations magnétiques qu'il crée; à cet effet, 3 vis, t_1 t_2 t_3, permettent de régler sa position. Ainsi composé,

(¹) Brevet anglais n° 6989, déposé le 22 mars 1898, accepté le 20 mai 1898. 2 figures.

(²) Brevet anglais n° 22851, déposé par W. Ph. Thompson le 5 octobre 1897, accepté le 6 août 1898. 4 figures.

l'appareil permet, d'après l'inventeur, d'obtenir la proportionnalité des déviations aux intensités, jusqu'à 270° et au delà.

Les figures 8 et 9 sont des variantes des

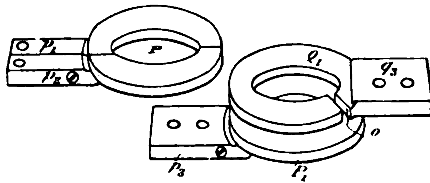


Fig. 8 et 9. — Pièces polaires de galvanomètre Shallemberger.

formes des pièces polaires. Dans la figure 9, on remplit l'espace O avec un bloc de fer quand la bobine est en place.

L'amortisseur à air d'Evershed et Vignoles ([1]) est applicable à tous les instruments de mesures dans lesquels la partie mobile, portée par un axe tenu entre deux pivots, parcourt moins de 360°. Les figures 10, 11, 12, 13, 14 et

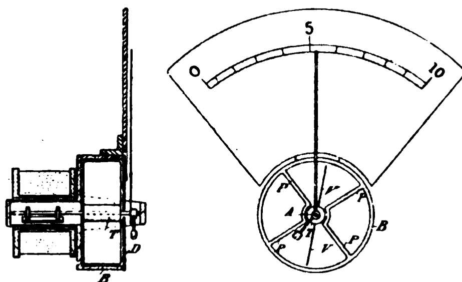


Fig. 10 et 11. — Amortisseur Evershed et Vignoles.

15, qui représentent différentes dispositions, applicables suivant les cas, font comprendre facilement le système. Sur l'axe A de l'appareil, de préférence renforcé par un léger tube T, sont fixées des ailettes V qui se meuvent dans la boîte B; des cloisons P, convenablement disposées, limitent l'espace disponible. La condition essentielle à remplir consiste à ne laisser, entre les ailettes V et la boîte B, que l'espace strictement nécessaire, de telle sorte que l'air, obligé de passer dans cet espace, produit un frottement assez énergique pour amortir les oscillations.

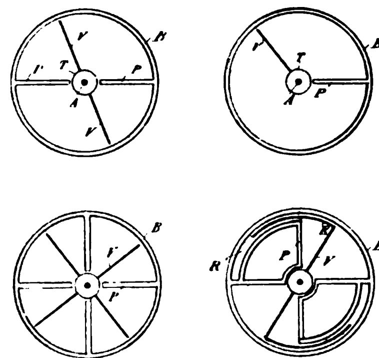


Fig. 12, 13, 14 et 15. — Variantes de l'amortisseur Evershed et Vignoles.

Les bobines d'ampèremètre de lord Kelvin ([1]) sont destinées à obtenir un champ plus uniforme que ne le donne la construction ordinaire. Dans la première disposition (fig. 16 et 17) des tubes, de diamètres régulièrement croissants, sont coupés en hélice, en laissant, aux extrémités seulement, un petit

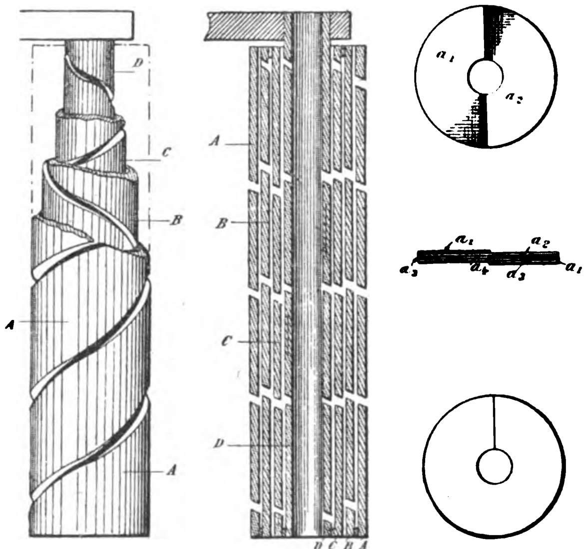


Fig. 16 à 20. — 16, 17, bobine d'ampèremètre Kelvin; 18, 19, bobine Kelvin, autre forme; 20, rondelle pour bobine Kelvin.

([1]) Brevet anglais n° 9587, déposé le 15 avril 1897, accepté le 15 janvier 1898. 6 figures.

([1]) Brevet anglais n° 18438, déposé le 9 août 1897, accepté le 15 juin 1898. 5 figures.

anneau intact ; c'est par ces anneaux que les tubes sont soudés à des entretoises qui les unissent les uns aux autres. Il va sans dire que les hélices sont alternativement droite et gauche. On laisse entre les tubes un espace réglé par l'épaisseur de l'entretoise et suffisant pour l'isolement par l'air ou par une matière solide. Dans les figures 16 et 17, par exemple, le courant entrant en haut, en A, descend jusqu'au bas, remonte par B pour redescendre par C, et finalement remonter en D.

Dans la seconde disposition, applicable pour les courants de moins de 100 ampères, les bobines sont composées de disques ou de plaques de forme quelconque, percés d'un trou central et fendus (fig. 20). Une des faces est étamée pour être soudée et l'autre est revêtue d'une mince feuille de mica, ou d'un autre isolant convenable. Deux disques semblables a_1 a_2 (fig. 18 et 19), étant enchevêtrés présentent intérieurement deux moitiés étamées face à face, pendant que les deux autres moitiés étamées sont à l'extérieur. Pour former la bobine, on prend un certain nombre de ces paires de disques que l'on enfile sur une baguette de métal, les faces étamées en regard les unes des autres ; on serre le tout au moyen de vis et d'écrous, puis on chauffe jusqu'à faire fondre l'étain ; après refroidissement, et la baguette retirée, la bobine est prête pour l'usage.

Les méthodes de zéro, dans lesquelles la variation d'une résistance, d'une force électromotrice, etc., est indiquée par le déplacement d'un contact sur un fil, sont rarement, sinon jamais, employées dans les appareils enregistreurs ; pour certaines expériences délicates, et ce sont surtout celles-là que paraît avoir eu en vue H. L. Callendar [1], ces méthodes sont cependant intéressantes.

Il est évident que si, par exemple, dans un pont de Wheatstone à fil, le curseur est commandé par un mécanisme capable de le faire glisser le long du fil, à droite ou à gauche, il suffit de déclencher ce mécanisme au moyen du galvanomètre, agissant comme relais, pour

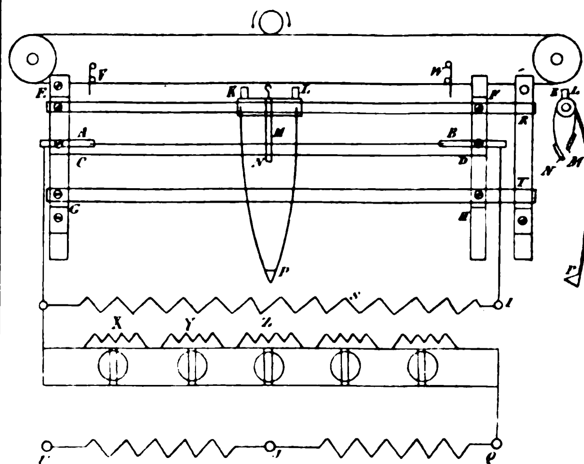


Fig. 21. — Pont de Wheatstone enregistreur.

que le curseur soit déplacé dès que sa position ne correspond pas à l'équilibre. On peut évidemment établir les choses de telle sorte que le curseur soit ramené au point d'équilibre ; alors le galvanomètre, revenant au zéro, arrête le mécanisme.

La figure 22 représente une disposition que

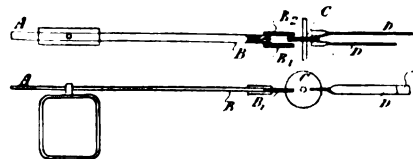


Fig. 22. — Disposition du contact du relais galvanométrique Callendar.

l'on peut employer pour transformer le galvanomètre en relais : à l'extrémité de l'index B, porté par le cadre mobile, sont fixés deux contacts isolés B_1 B_2. Un galet de contact C, porté par un ressort D, est placé entre B_1 et B_2 ; dès que le galvanomètre dévie de sa position de repos, l'un des deux contacts vient toucher C et envoie le courant dans un électro qui déclenche le mécanisme moteur dans le sens convenable. Pour obtenir la sensibilité nécessaire et éviter les collages entre B_1 B_2 et C, il faut avoir soin de donner à C un mouvement de rotation régulier et de nettoyer,

(1) Brevet anglais n° 16718, déposé le 14 juillet 1897, accepté le 4 juin 1898. 4 figures.

d'une façon continue, les faces du contact; cette double condition est remplie en actionnant C par le même mouvement d'horlogerie que l'enregistreur et en faisant décaper les faces par un petit balai métallique. Il est bon, également, de maintenir l'index B en légère oscillation, au moyen d'un faible courant d'air, par exemple; on évite ainsi les collages.

La figure 21 est une application à un pont de Wheatstone, disposé pour la mesure des températures par la méthode de Callendar. Le fil de pont AB, qui ne forme ici qu'une partie seulement de la résistance de la branche de pont correspondante, est tendu fortement entre des grosses barres de cuivre; un second fil CD, isolé du premier et tendu parallèlement à lui, est relié au galvanomètre. Les fils de platine M et N, attachés par des ressorts sur le curseur KL, établissent la liaison entre le point d'équilibre sur AB et le fil CD, par suite entre ce point et le galvanomètre. La résistance S sert à shunter le fil AB, de façon à régler la valeur de ses divisions. Des résistances additionnelles XYZ complètent cette branche de pont. Les bras de proportion sont formés par UJ et JQ; enfin, la quatrième branche, la résistance à mesurer, s'attache entre U et I.

Le curseur KL est attaché à une corde sans fin qui passe sur trois poulies. Un mouvement d'horlogerie conduit un engrenage différentiel qui, selon qu'il est embrayé par l'un ou l'autre des contacts B_1 B_2, entraîne la corde et le curseur dans un sens ou dans l'autre. Le curseur porte une plume P qui trace sur un tambour mû par un autre mouvement d'horlogerie.

Tout étant ainsi disposé et une pile convenable étant placée dans le circuit, si le curseur n'est pas à son point d'équilibre, le galvanomètre reçoit un courant qui le fait dévier, il envoie à son tour un courant dans l'électro correspondant, le mouvement d'horlogerie est débrayé dans un sens tel qu'il ramène le curseur vers son point d'équilibre. Cette action étant continue, la courbe tracée donne à chaque instant la position du curseur.

Le même dispositif, à quelques variantes près, peut s'appliquer au potentiomètre. Ce dernier, joint à un contact mobile placé sur l'arbre d'un alternateur, permet de relever la courbe d'un courant alternatif; le tambour enregistreur doit alors se déplacer en même temps que le contact mobile.

L'oscillographe de W. Du Bois Duddell [1] est un galvanomètre à oscillations beaucoup plus rapides que celles du courant à mesurer.

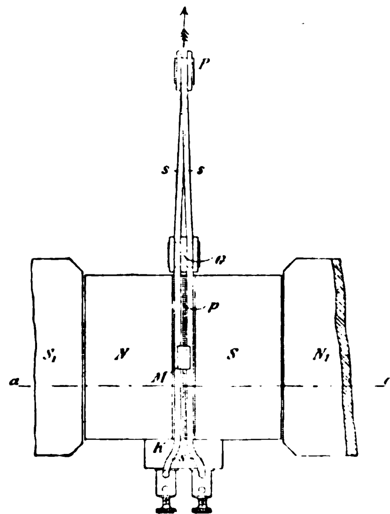


Fig. 23. — Oscillographe Du Bois Duddell.

Un ruban métallique, étroit et très mince, *ss* (fig. 23 et 24), est replié sur lui-même, en passant sur une poulie P; les deux brins sont placés côte à côte, dans un champ magnétique intense. Quand un courant traverse le ruban, les deux brins tendent à se courber, l'un en avant, l'autre en arrière; si un miroir M est

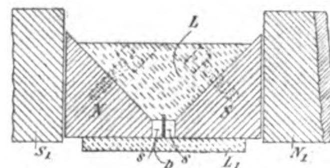


Fig. 24. — Oscillographe Du Bois Duddell. Boite d'équipage, coupe.

[1] Brevet anglais 5449, déposé le 5 mars 1898, accepté le 30 avril 1898. 4 figures.

collé au milieu des deux brins, il est dévié plus ou moins, selon l'intensité du courant; c'est un galvanomètre à cadre mobile réduit à sa plus simple expression.

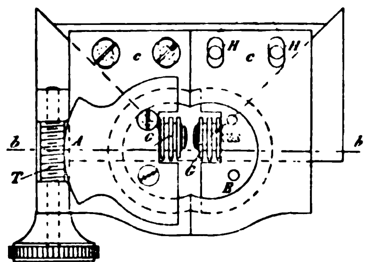


Fig. 25. — Réunion de deux oscillographes.

Pour qu'un semblable appareil suive exactement les variations d'un courant périodique, il faut que ses oscillations soient très rapides. On obtient ce résultat en réduisant la longueur de la partie vibrante au moyen d'une double poulie isolante G et en tendant, autant que possible, le ruban au moyen d'un ressort. Il faut aussi un amortissement complet des oscillations : dans ce but l'entrefer de l'électro forme une étroite chambre fermée, remplie de liquide isolant, visqueux et transparent. Le réglage de l'amortissement s'obtient, soit en changeant le liquide, soit en le chauffant. Pour augmenter encore l'amortissement, on place entre les deux brins une cloison mince, en fer, qui divise la boîte en deux chambres, dans chacune desquelles se meut un des brins; on réduit au strict nécessaire l'espace libre entre les parois et chacun des brins; dans ces conditions, la résistance au mouvement est plus grande.

Quand les pièces polaires forment elles-mêmes les parois de la boîte, il est difficile d'obtenir l'étanchéité de celle-ci, car ces pièces, soumises à des attractions magnétiques puissantes, se resserrent et s'écartent quand on excite ou non l'électro. En formant avec les pièces polaires et les blocs L et L_1 une boîte qui se place entre les pôles de l'électro, on évite cet inconvénient.

Enfin, la sensibilité est obtenue en réduisant l'entrefer au strict minimum ; en donnant aux pièces polaires des formes en coin, pour concentrer les lignes de force, et en employant des rubans très minces.

Pour observer les images, l'inventeur emploie un miroir tournant commandé par un moteur synchrone, ce qui n'est pas nouveau.

Du long et diffus brevet de James Russell (1), il résulte, ou à peu près, que l'inventeur se sert de la protection magnétique

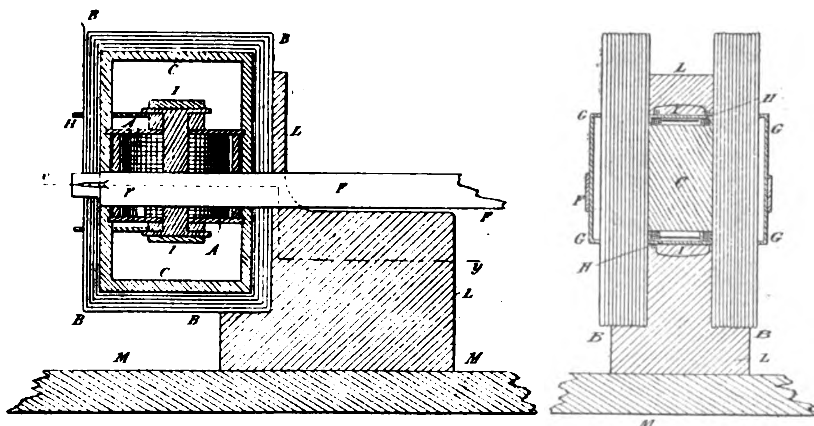


Fig. 26 et 27. — Balance magnétique de James Russell. Coupe et vue verticales.

exercée autour d'un conducteur par une enveloppe de fer, pour mesurer les propriétés magnétiques de ce fer (lesquelles ?); par extension, il se sert des mêmes instruments garnis d'écrans en fer, comme de galvanomètres à destinations variées : voltmètres, ampèremètres, wattmètres.

(1) Brevet anglais n° 21157, déposé le 15 septembre 1897, accepté le 16 juillet 1898. 13 figures.

Les figures 26, 27 et 28, empruntées au brevet, représentent très mal l'une des dispositions revendiquées. Deux bobines AA_1, en forme de cadres rectangulaires, sont parcou-

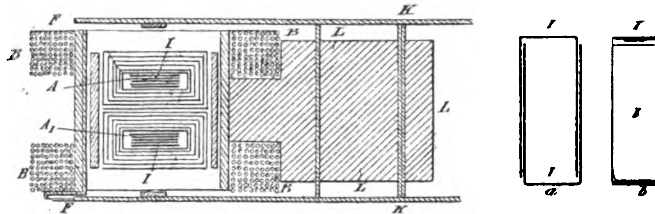


Fig. 28 et 29. — Balance magnétique. Coupe horizontale et détail des tôles.

rues par le courant de façon que les côtés intérieurs soient traversés dans le même sens ; les côtés extérieurs sont naturellement de sens opposé au premier. Ces deux bobines sont tenues après un fléau F, oscillant autour d'un axe KK, parallèle au plan de leurs spires. Deux bobines extérieures BB, perpendiculaires aux premières, créent un champ uniforme dans lequel sont plongées AA_1. Il est facile de voir que, dans ces conditions, la force électrodynamique exercée par les conducteurs extérieurs est détruite par la force contraire exercée par les conducteurs intérieurs ; mais si l'on vient à envelopper ceux-ci dans une gaine de fer, leur action diminue plus ou moins, selon les qualités et les dimensions du fer employé ; l'action des conducteurs extérieurs l'emporte et le fléau s'incline. On rétablit l'équilibre au moyen de poids ou de ressorts et la valeur de ceux-ci donne une mesure indirecte de l'action du fer.

La figure 29 montre comment sont disposés les échantillons de fer à essayer : composés de lames de fer enchevêtrées, ils forment autour des conducteurs intérieurs un circuit magnétique fermé.

Les figures 30 et 31 se rapportent à un instrument destiné plutôt à la mesure des courants ou de la puissance électrique. Le côté rectiligne de la bobine A passe au centre de la bobine cylindrique C. La bobine A est suspendue par un fil M concentrique à la bobine B, de telle sorte que A peut seulement tourner autour de M comme axe. Le courant parcourant les bobines A et B, il est évident que les forces électrodynamiques exercées sur les deux parties de A, de chaque

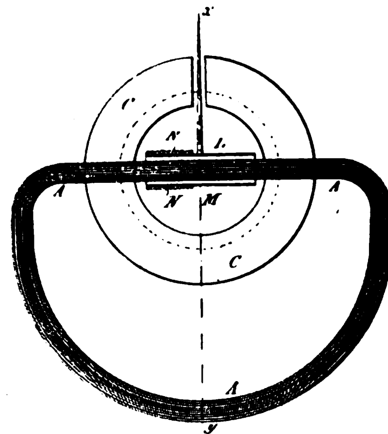


Fig. 30. — Galvanomètre James Russell. Plan.

côté de l'axe M, s'annulent ; mais si l'on entoure un des côtés d'une enveloppe de fils de

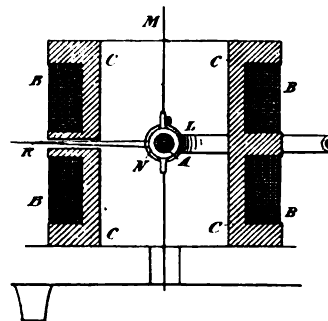


Fig. 31. — Galvanomètre James Russell. Coupe.

fer N, le système sera sollicité par un couple proportionnel à la différence des deux actions ; ce couple peut être mesuré par la torsion du fil de suspension, comme dans les électrodynamomètres.

Le wattmètre pour courants triphasés de Siemens Brothers (¹) est analogue à un moteur à champ tournant. Ce wattmètre (fig. 33) est composé de deux paires de bo-

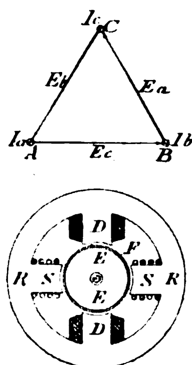


Fig. 32 et 33. — Schéma du wattmètre Siemens.

bines DD, SS, l'une en gros fil, l'autre en fil fin, enroulées sur les prolongements polaires d'un anneau RR, composé de feuilles de tôle. Un noyau EE, en fer feuilleté comme l'anneau R, diminue la réluctance du circuit magnétique. Dans l'entrefer est placé un tambour en cuivre F, suspendu sur pivot et muni d'un ressort antagoniste ou d'un engrenage, selon que l'appareil doit servir comme wattmètre ou comme compteur. Quand les bobines DD, d'une part, SS, d'autre part, sont parcourues par des courants décalés de 90°, le tambour est soumis à l'action d'un couple qui tend à le faire tourner.

Considérons une distribution triphasée, réduite schématiquement à la figure 32; on sait que la puissance totale dépensée dans ce circuit est donnée par la somme algébrique de deux mesures faites avec un wattmètre, l'une combinant l'intensité I_a avec la différence de potentiel E_b, l'autre I_b avec E_a. On peut aussi, et c'est de cette façon qu'est employé l'appareil de Siemens Brothers (fig. 34), faire passer le courant I_a dans le gros fil du wattmètre, et, dans le fil fin, un courant dérivé entre C et B, proportionnel à E_a, mais décalé de 90° par rapport à I_a. Pour obtenir ce résultat, on crée au moyen de trois résistances, W_1 W_2 W_3, un point neutre fictif; il faut

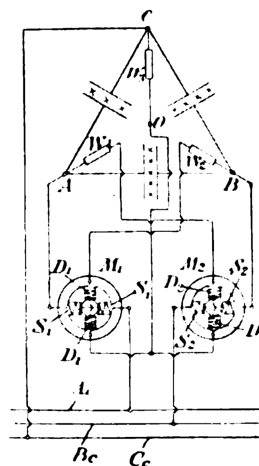


Fig. 34. — Montage du wattmètre pour courants triphasés.

que les résistances totales de chacune des branches, entre le sommet et le point O, soient égales et sans self appréciable.

Avec un seul appareil, il faut le déplacer de la position 1 à la position 2, mais il vaut mieux employer deux instruments à poste fixe; les deux tambours peuvent alors être montés sur le même axe et donnent par une seule lecture la puissance cherchée.

M. Maurice Travailleur (¹) a combiné un appareil enregistreur pour mesurer, d'une façon presque continue, l'isolement d'un réseau de distribution en activité. Il se sert, à cet effet, de la méthode qu'il a indiquée (²), d'après laquelle la résistance d'isolement entre un réseau et la terre est donnée par :

$$R = \frac{V - V'S}{V'},$$

où V est la différence de potentiel entre un des câbles et la terre, V′ la différence de potentiel entre le même câble et la terre, quand

(¹) Brevet anglais n° 2558, déposé le 30 janvier 1897, accepté le 4 décembre 1897. 6 figures.

(¹) Brevet anglais n° 26935, déposé par Boult le 17 novembre 1897, accepté le 12 mars 1898. 7 figures.

(²) *L'Éclairage Électrique*, t. X, p. 241, 6 février 1897.

une résistance S, convenablement choisie, établit une communication directe entre ces deux points.

L'appareil enregistreur se compose d'un voltmètre à cadre mobile à grande résistance G (fig. 36 et 37), muni d'un index Z dont la plume P trace sur un tambour E. Le voltmètre est placé entre un des câbles et la terre; à des instants déterminés par un mouvement d'horlogerie placé dans le tambour H (fig. 35) le balai B vient en contact avec les plots C et ferme un circuit comprenant le relais I; ce dernier attire son armature, laquelle introduit le shunt S entre les bornes du galvanomètre. L'enregistreur indique donc

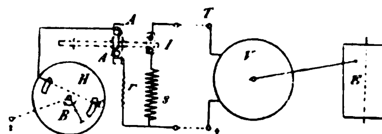


Fig. 35. — Schéma de l'enregistreur de M. Travailleur.

tantôt V, tantôt V′, ce qui permet de connaître ensuite presque, à chaque instant, la valeur de R.

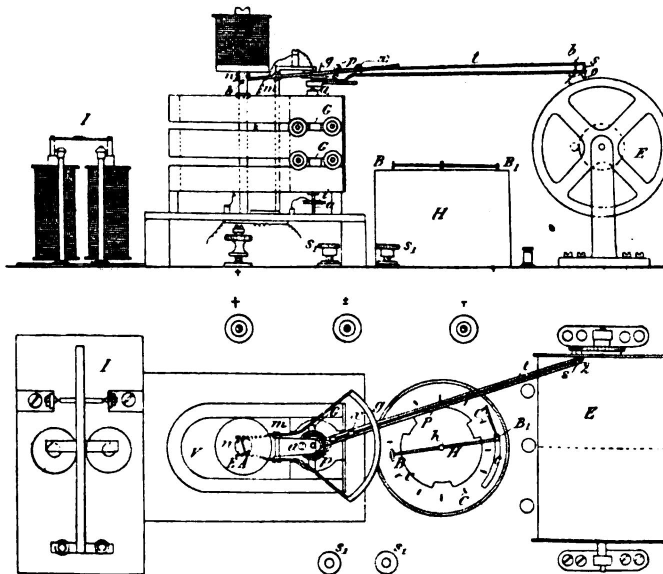


Fig. 36 et 37. — Enregistreur de Maurice Travailleur. Élévation et plan.

Pour obtenir un enregistrement plus facile et pour éviter la confusion du tracé que donneraient les variations soudaines et fréquentes du voltage, la plume n'appuie pas sur le papier. A des intervalles égaux, l'électro EA fait abaisser une tige *t*, dont la pointe extrême *s* traverse l'encrier *o* tenu par l'index du voltmètre; à chaque abaissement de la tige *t*, la pointe *s* vient marquer un point sur le papier. L'émission des courants dans l'électro EA, et, par suite, la fréquence des points tracés, sont déterminées par le mouvement d'horlogerie qui commande à cet effet un interrupteur convenable. H. ARMAGNAT.

***

SUR LE RENDEMENT THERMIQUE DES MOTEURS A VAPEUR[1]

Tant que la transformation directe de la chaleur en électricité ne sera pas réalisée pratiquement, le moteur à vapeur restera notre grand producteur d'énergie mécanique, et tout ce qui peut conduire à le perfectionner offre un intérêt majeur pour les électriciens.

En pratique, le moteur à vapeur n'est jamais seul; il est accompagné d'organes plus ou moins nombreux, suivant les circonstances : la chaudière et ses appareils d'alimentation; la tuyauterie; le condenseur avec sa pompe à air ou un organe analogue si le moteur doit être soulagé de la contre-pression atmosphérique; un économiseur; un chauffeur d'eau d'alimentation qui utilise en partie la chaleur de la vapeur dans les machines à échappement libre; enfin, des enveloppes de vapeur ou des réchauffeurs peuvent être ajoutés au moteur.

Chacun de ces organes a son rendement propre, toujours inférieur, nécessairement, à l'unité et entraîne par conséquent une certaine dépense d'énergie. Si l'on veut se rendre compte de la cause des pertes observées et pouvoir y remédier, il faut donc déterminer le rendement de chaque organe séparément et le comparer au rendement maximum que, théoriquement, il pourrait avoir.

Le rapport que nous analysons porte sur ces deux points principaux : la détermination du *rendement thermique absolu* des moteurs à vapeur et la détermination de leur *rendement relatif*, par comparaison avec un moteur à vapeur idéal ayant le rendement maximum qu'indique la théorie, dans les limites où fonctionne le moteur étudié.

Ce dernier rendement s'exprime par un rapport qu'on pourrait appeler le « coefficient de perfection », car il indique jusqu'à quel point les défauts du moteur ont été atténués. Remarquons que ce coefficient n'implique pas l'idée d'économie dans le sens industriel du mot, car il est évident, par exemple, qu'un moteur qui n'atteindrait un rendement relatif élevé qu'au prix d'une complication excessive du mécanisme, d'une délicatesse extrême de fonctionnement, courrait de grands risques de ne rester qu'une curiosité de cabinet de physique.

Rendement thermique

Le rendement thermique absolu est le rapport du nombre de calories transformées en travail sur les pistons au nombre total de calories fournies au moteur.

Le nombre de calories transformées en travail s'obtient facilement en mesurant, par la méthode ordinaire, sur les diagrammes d'indicateur, la puissance indiquée; il n'y a pas lieu d'insister sur ce point.

L'évaluation exacte de la quantité totale de chaleur réellement fournie au moteur est plus délicate. En effet, considérons le diagramme de la figure 1 qui représente les essais très complets de l'usine élévatoire des eaux de Louisville-Leavitt, publiés dans les Transactions de la Société américaine des Ingénieurs civils (t. XVI). Dans ce diagramme, le flux calorifique engendré à la grille du foyer est représenté comme un circuit fermé à plusieurs branches sur lesquelles sont prises des dérivations plus ou moins importantes qui représentent les soustractions de chaleur en chaque organe, par suite de pertes ou de transformations; les chiffres indiquent le

(1) D'après un rapport du Comité de l'*Institution of Civil Engineers*, de Londres. Ce comité, nommé le 31 mars 1896, pour donner « la définition d'un ou de plusieurs étalons de rendement thermique des moteurs à vapeur », était composé de MM. A. B. W. Kennedy, président, H. Riall Sankey, secrétaire honoraire, T. Hudson Beare, D. S. Capper, J. A. Ewing, H. Dawey, Bryan Donkin, J. Macfarlane Gray, Michael Longride, W. H. Maw, A. B. Wilson. Son rapport définitif a été accepté par le Bureau de la Société, le 26 avril dernier; il n'a été publié que tout dernièrement.

nombre de calories passant par minute dans chaque branche ou dérivation et les températures correspondantes, en degrés centigrades. On voit que 39 350 calories pénètrent dans le moteur par minute ; elles se partagent en trois courants distincts : un, très faible, sert à échauffer l'enveloppe des cylindres et fait en partie retour à la chaudière ; le second représente l'énergie transformée en travail mécanique sur les pistons ; enfin le troisième, le plus important, représente la chaleur entraînée par la vapeur d'échappement. Il y donc lieu de défalquer des 39 350 calories : 1° la quantité de chaleur qui, passant par le premier circuit, fait retour à la chaudière ; la perte dans la tuyauterie de retour doit être comptée comme étant dépensée dans le moteur puisqu'elle est consentie pour remédier à un défaut de celui-ci ; 2° la quantité de chaleur théorique-

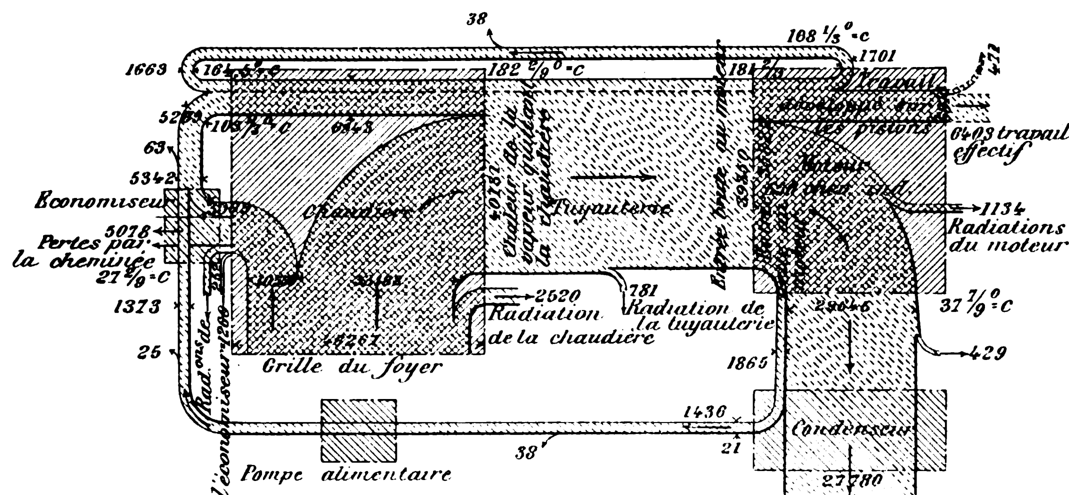


Fig. 1. — Diagramme du flux calorifique dans l'installation de Louisville Leavitt.

ment récupérable de la vapeur d'échappement ; si la totalité n'en est pas récupérée, la différence doit être imputée au condenseur. Or, théoriquement, la vapeur d'échappement peut porter à sa température un poids d'eau égal au poids de vapeur entré dans le moteur. Par conséquent, on peut établir la règle suivante :

« La chaleur totale fournie au moteur est la quantité de chaleur nécessaire pour produire, à pression constante, la vapeur qui entre dans le moteur, en supposant les chaudières alimentées avec de l'eau préalablement portée à la température de la vapeur d'échappement. Cette règle s'applique également à la vapeur saturée et à la vapeur surchauffée, aux moteurs avec ou sans condensation [1]. »

Pour déterminer cette quantité, il faut donc mesurer le poids, la température et la pression de la vapeur admise, et la température de la vapeur d'échappement. Le point le plus favorable pour mesurer la première température est situé tout près du registre d'admission, dans la tuyauterie, du côté de la chaudière. Si on la mesurait plus près de la chaudière, les pertes dans la tuyauterie fausseraient le résultat en diminuant le rendement ; si, au contraire, on la mesurait de l'autre côté du registre d'admission, c'est-à-dire du côté du moteur, ou dans le moteur même, une partie des pertes dues à celui-ci ne serait pas comprise et le résultat serait également faussé. Avec de la vapeur saturée,

[1] Il faut parfois considérer des cas spéciaux quand une partie de la vapeur est prélevée avant l'échappement final pour échauffer l'eau d'alimentation ou quand la vapeur est réchauffée. Des additions ou des diminutions au nombre de calories sont alors faites en conséquence.

la température correspondant à la pression peut être adoptée; avec de la vapeur surchauffée, la température et la pression doivent être mesurées.

Le point le plus favorable pour mesurer la température à l'échappement est situé dans le tuyau d'échappement, en dehors du moteur, mais tout près de lui; la température correspondant à la pression peut être acceptée.

Rendement relatif

Le rendement relatif est le rapport du rendement thermique du moteur, déterminé comme il est dit plus haut, au rendement maximum qu'aurait un moteur parfait fonctionnant dans les mêmes limites de température. Plus ce rapport sera élevé, plus le moteur essayé sera parfait; plus, au contraire, il sera faible et plus le moteur sera susceptible d'être perfectionné. A ce point de vue, la connaissance de ce « coefficient de perfection » peut rendre parfois de réels services.

En vue de sa détermination, le choix du moteur idéal devant servir d'étalon de comparaison présente une importance capitale.

Le premier moteur idéal qui se présente à l'esprit est celui qui fonctionne suivant le cycle de Carnot; mais on sait qu'il est impossible de construire un moteur fonctionnant suivant ce cycle, lorsque le véhicule de la chaleur est la vapeur surchauffée, à moins d'avoir recours à des appareils spéciaux qui ne sont pas entrés encore dans la pratique et qui n'y entreront probablement jamais; lorsque la vapeur surchauffée à pression constante est employée, le cycle de Carnot est théoriquement impossible, même avec ces appareils.

Le Comité des ingénieurs anglais a, en conséquence, proposé d'adopter le moteur idéal fonctionnant suivant le cycle défini par Rankine, Clausius et autres, qui donne l'utilisation maxima de la chaleur avec la vapeur soit saturée, soit surchauffée, produite à pression constante. Il lui donne le nom de cycle de Rankine, de préférence à celui de cycle de Clausius sous lequel il est généralement connu, parce que Rankine a publié son mémoire le 19 janvier 1854 [1], tandis que Clausius ne publia son étude que dans les numéros de mars et d'avril 1856, des Annales de Poggendorff; le savant allemand a reconnu lui-même l'antériorité de Rankine, dans une note de la traduction de Hirst publiée en 1867 (p. 161), où il déclare n'avoir parlé publiquement pour la première fois de ses recherches que dans ses conférences faites à l'Université de Berlin pendant l'été 1854.

Rappelons que la définition du cycle de Rankine est la suivante:

On suppose que toutes les parties constituantes du matériel à vapeur sont parfaites; qu'il n'y a aucune perte par condensations initiales, fuites, radiation, conduction, et qu'il n'y pas d'espace mort dans le cylindre. L'eau d'alimentation est introduite dans la chaudière à la température de la vapeur d'échappement et sa température est graduellement élevée jusqu'au degré correspondant à la vapeur saturée de la pression voulue; la vapeur est ensuite engendrée à pression constante jusqu'à ce que de la vapeur saturée sèche soit formée; enfin, si la vapeur doit être surchauffée, la chaleur lui est ajoutée à pression constante et à température croissante jusqu'à ce que la température de surchauffe désirée soit atteinte. La vapeur est introduite dans le cylindre à pression constante pendant une partie de la course et produit pendant ce temps un travail extérieur égal à la pression absolue multipliée par le volume dont le piston s'est déplacé; ensuite, lorsque l'admission de vapeur est coupée, la détente se produit adiabatiquement, et produit du travail sur les pistons jusqu'à ce que la pression dans le cylindre soit égale à la contre-pression. La vapeur

[1] Mémoire de la Royal Society, le 19 janvier 1854, « on the Geometrical Representation of the Expansite Action of Heat, and the Theory of Thermodynamic Engineers ». Publié dans les *Philosophical Transactions*, pour 1854, paru en 1855.

s'échappe ensuite complètement du cylindre à pression constante; la valeur de celle-ci correspond à la limite inférieure de température; le moteur, pendant l'échappement, dépense, sur cette vapeur, un travail égal à la contre-pression absolue multipliée par le volume total dont le piston se déplace. La vapeur est ainsi expulsée du cylindre et le cycle est complet.

Le rendement du cycle de Rankine est toujours moins élevé que celui du cycle de Carnot, bien qu'avec la vapeur saturée et dans les limites de température actuellement utilisées la différence soit faible; ainsi, avec un moteur fonctionnant entre les limites de température de $187\,{}^{7}/_{9}$° C et $43\,{}^{1}/_{3}$° C, le rendement du cycle de Carnot est de 0,313 et celui du cycle de Rankine de 0,283; si la température à l'échappement est de 100° C, les rendements sont respectivement 0,19 et 0,178. Il n'y aurait donc pas d'inconvénient, en pratique, à adopter le cycle de Carnot et les calculs y gagneraient en simplicité. Mais lorsqu'on emploie la vapeur surchauffée, la divergence s'accentue; ainsi, avec de la vapeur à la pression absolue de 13 kg.: cm², une température à l'admission de $343\,{}^{1}/_{5}$° C, et une température à l'échappement de $43\,{}^{1}/_{3}$° C, le cycle de Carnot indique un rendement maximum possible de 0,495 et le cycle de Rankine, un rendement de 0,31. Le premier n'est donc plus applicable et, comme il y a intérêt à établir un étalon unique, le cycle de Rankine doit être adopté dans tous les cas.

Le nombre de calories par cheval dépensées par le moteur idéal de comparaison peut être calculé comme suit : la formule qui donne le rendement thermique du cycle de Rankine avec de la vapeur saturée est [1]:

$$\frac{(T_a - T_e)\left(1 + \frac{r_a}{T_a}\right) - T_e \log_e \frac{T_a}{T_e}}{r_a + T_a - T_e}$$

Dans cette formule, l'augmentation de la chaleur spécifique de l'eau avec la température affecte presque également le numérateur et le dénominateur.

Le nombre de calories par minute et par cheval sera égal à $\frac{75 \times 60}{425} = 10{,}58$, divisé par le rendement du cycle, soit :

$$\frac{10{,}58\,(r_a + T_a - T_e)}{(T_a - T_e)\left(1 + \frac{r_a}{T_a}\right) - T_e \log_e \frac{T_a}{T_e}}$$

Avec de la vapeur surchauffée, il serait [2] :

$$\frac{10{,}58\,\left\{ r_a + T_a - T_e + 0{,}48\,(T_{as} - T_a) \right\}}{T_a - T_e)\left(1 + \frac{r_a}{T_a}\right) + 0{,}48\,(T_{as} - T_a) - T_e)\left(\log_e \frac{T_a}{T_e} + 0{,}48 \log_e \frac{T_{as}}{T_e}\right)}$$

On a adopté le coefficient 0,48 pour valeur de la chaleur spécifique de la vapeur surchauffée à pression constante, bien que cette valeur ne soit pas certaine.

Le calcul étant laborieux avec ces formules on a tracé les courbes de la figure 2 qui les représentent graphiquement; elles permettent de lire instantanément le nombre de calories par watt avec un moteur idéal de Rankine, dans d'assez larges limites de température. Les courbes de la figure de droite se rapportent à la vapeur saturée; si, par exemple, on a $T_a = 170$° C, $T_e = 100$° C, le nombre de grandes calories par minute et par kilowatt est de 96,5 soit $96{,}5 \times 0{,}756 = 71{,}02$ par cheval et par minute.

Les courbes de la figure de gauche se rapportent à la vapeur surchauffée. En face de la température correspondant à la vapeur saturée de même pression, et sur la courbe correspondant à la température surchauffée, on trouve un coefficient; celui-ci multiplié

(1) T_a = Température à l'admission.
T_e = Température à l'échappement.
r_a = Chaleur latente de vaporisation à la température Ta.

(2) T_{as} = Température de la vapeur surchauffée à l'admission.

par la température à l'échappement et par le nombre de colories déjà trouvé donne la déduction à faire de ce dernier nombre. Ainsi admettons qu'on ait : $T_{as} = 260°$ C; — la pression étant d'environ 9,2 kg : cm², la température correspondante de la vapeur saturée serait de 175° C; — $T_a = 100°$ C. Dans la figure de droite on trouve pour $T_a = 175°$ et $T_e = 100°$, que 91,5 calories par minute sont nécessaires par kilowatt par minute. D'autre part, dans la figure de gauche, la ligne horizontale où se coupent les lignes

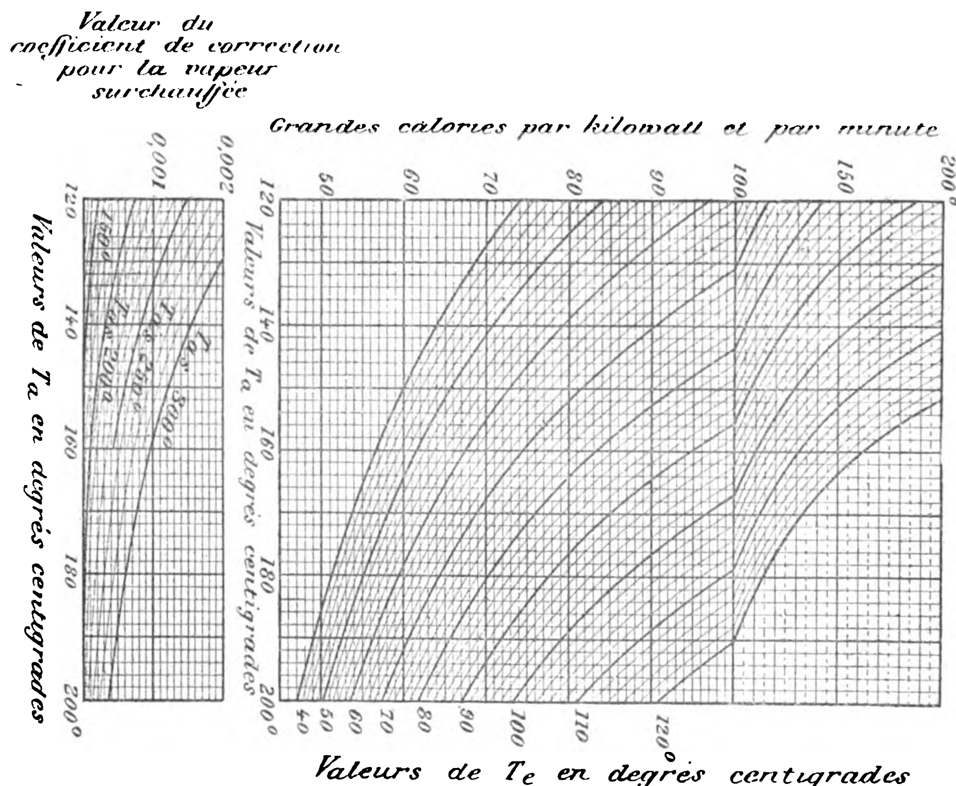


Fig. 2. — Courbes donnant le nombre de grandes calories (kg—d.) dépensées par minute et par kilowatt par le moteur idéal de comparaison avec de la vapeur saturée et de la vapeur surchauffée.

$T_a = 175°$ et $T_{as} = 260°$, donne le coefficient 0,00035. Le nombre de calories à déduire de 91,5 sera donc 0,00035 × 100 × 91,5 = 3,2 et le nombre de calories nécessaire sera de 91,5 — 3,2 = 88,3.

Exemples d'essais

En résumé, pour faire l'essai rationnel d'un moteur à vapeur, il convient de mesurer :

1° La température à l'admission ;

2° La pression correspondante, dans le cas de la vapeur surchauffée ;

3° Le poids de vapeur admise ;

4° La température à l'échappement ;

5° La puissance indiquée ;

6° La puissance effective, au frein.

Les résultats des essais seront présentés de la façon suivante :

Données	Résultat des mesures — Moteur n° 1 (vapeur saturée)	Moteur n° 2 (vapeur surchauffée)
1° Pression absolue à l'admission, en kg : cm²	11,37	13,43
2° Température à l'admission, en degrés centigrades	184,5	344
3° Température à l'échappement, en degrés centigrades	100,75	38
4° Chevaux indiqués	500	1 300
5° Chevaux au frein	450	1 155

6° Poids de vapeur fourni au moteur	78	100
RÉSULTATS		
7° Calories fournies au moteur par cheval indiqué et par minute (1).	87,67	53.77
8° Calories fournies au moteur par cheval au frein et par minute .	97,42	60,52
9° Calories théoriquement nécessaires par minute et par cheval indiqué avec le moteur-étalon.	62,25	34,41
10° Rendement relatif du moteur.	0,71	0,64
11° Rendement thermique du moteur.	0,12	0,197
12° Rendement organique du moteur.	0,9	0,888

G. Pellissier.

ÉTUDE DES MOTEURS A CHAMPS TOURNANTS[1]

X. — Formules applicables aux moteurs asynchrones a champs tournants multipolaires en ayant égard aux pertes de flux, a l'hystérésis et aux courants de Foucault

A. — Pertes par hystérésis et courants de Foucault. — Formules applicables

Les pertes par hystérésis et par courants de Foucault sont exprimées par une relation dont la forme générale est :

$$W = D(\omega_1 - \omega_2)^2 \Phi^2 + G(\omega_1 - \omega_2) \Phi^{1,6}$$

dans laquelle

$$D = \frac{\mathcal{E}\gamma V}{(2\pi S)^2}, \quad G = \frac{\gamma_1 V}{2\pi S^{1,6}},$$

V étant le volume de fer, γ sa conductibilité électrique, S la section du circuit magnétique, $\mathcal{E}$ et γ_1 deux coefficients expérimentaux.

Pour l'induit et l'inducteur, on a respectivement :

$$W_2 = D_2(\omega_1 - \omega_2)^2 \Phi^2 + G_2(\omega_1 - \omega_2)\Phi^{1,6}, \quad (81)$$

$$W_1 = D_1 \omega^2_1 \Phi^2_1 + G_1 \omega_1 \Phi_1{}^{1,6}, \quad (82)$$

Φ étant le flux résultant et Φ_1 un flux composé du flux Φ et des pertes φ_1.

Le couple brut précédemment calculé est augmenté de :

$$\frac{W_2}{\omega_1 - \omega_2} \quad (83)$$

et la puissance utile de :

$$\frac{W_2}{(\omega_1 - \omega_2)} \times \omega_2,$$

mais ces augmentations sont inappréciables en marche normale, parce que le volume d'induit est assez faible et surtout parce que $(\omega_1 - \omega_2)$ est négligeable vis-à-vis de ω_1. Tout au plus peut-on tenir compte de ces effets au démarrage. Nous négligerons donc W_2 en marche normale.

On peut représenter fictivement les pertes dans l'inducteur par celles d'un courant supplémentaire J_1 en avance de 90° sur Φ ou op-

(1) Exemple de calcul :

1° Vapeur saturée ;

Chaleur totale de vaporisation = (606,5 + 0,305 × 184,5) 78 =	51694,5
Récupération à l'échappement = 100,75 × 78 =	7851,5
Total	43836,0

Soit, par cheval indiqué = 87,672

2° Vapeur surchauffée ;

Température correspondant à la pression de 13 atmosphères = 192° C.

Température de surchauffe = 344-192 = 152° C.

Chaleur totale de vaporisation (696,5 + 0,305 × 192) 100 =	66406
Surchauffe = 100 × 152 × 0,48 =	7296
	73702
Récupération à l'échappement = 100 × 0,38	3800
Total	69902

Soit, par cheval indiqué 53,77.

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 10 septembre, des 15 et 19 octobre, des 12 et 26 novembre 1898, t. XVI, p. 437 ; t. XVII, p. 89, 186, 272 et 345.

posé à DG ou à $k_1 \omega_1 \Phi \frac{N_1}{2m_1}$. Nous avons pour J_1 :

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{2 W_1}{DG};$$

approximativement,

$$\mathfrak{J}_1 = \frac{2 W_1}{E_1} = \frac{2 W_1}{E'_1}.$$

Dans l'exemple dont nous nous sommes servis jusque maintenant pour l'alimentation sous courant constant de 45 ampères maximum,

$$W_1 = 400 \text{ watts},$$
$$E'_1 = 155,3 \text{ volts max.}$$
$$\mathfrak{J}_1 = \frac{2 \times 400}{155,3} = 5,15 \text{ ampères max.}$$

W_1 vaut les 7,63 p. 100 de la puissance fournie (c'est déjà beaucoup) et J_1 les 11,5 p. 100 du courant d'alimentation.

Les courants I_1 et J_1 sont décalés de 42,50°.

Le courant résultant I'_1 est donc :

$$I'_1 = \sqrt{I^2_1 + \mathfrak{J}^2_1 + 2 I_1 \mathfrak{J}_1 \cos (90 - \varphi)} = 49 \text{ A.} \quad (85)$$
$$I'_1 = 1,09\, I_1 \text{ ou } 109 \text{ p. 100 de } I_1$$
$$I'_1\, o\, \Phi = 52,3^\circ \text{ C.}$$

d'où augmentation de 10,1 p. 100 sur l'angle $I_1\, o\Phi$.

Dans l'épure des forces électromotrices DG (fig. 32) doit donc comprendre un segment

$$R_1 J_1.$$

On peut aussi amplifier DG actuel dans le rapport de 1 à

$$1 + \frac{R_1 J_1}{DG}$$

ou approximativement

$$1 + \frac{R_1 J_1}{E_1} \text{ ou } 1 + \frac{R_1 J_1}{E'_1}.$$

Soit, dans notre exemple,

$$1 + \frac{0,132 \times 5,15}{155,3} = 1,0044,$$

C'est-à-dire une amplification de 4,4 p. 1000.

Elle est inappréciable vis-à-vis de toutes les autres causes d'approximation.

Il n'y a donc en réalité à tenir compte des pertes par hystérésis et par courants de Foucault que pour la détermination du courant résultant I'_1 et du rendement industriel. Il y a lieu peut-être de faire une exception en faveur du démarrage, où il sera bon de voir l'importance de ces pertes à un autre point de vue. Remarquons cependant que la faible valeur du flux rendra souvent cet autre effet inappréciable.

B. — Rendements et couples utiles

Appelons P_u la puissance utile recueillie sur l'arbre du moteur et C_u le couple utile.

$$P_u = C_u\, \omega_2$$

La puissance totale fournie au moteur est

$$P_t = \frac{m_1}{2} E'_1 I'_1 \cos A'$$

E'_1 et I'_1 étant les tensions et courants par phases mesurés aux bornes des phases du moteur.

$$\frac{P_u}{P_t} = R_i$$

est le *rendement industriel*, *commercial ou total*.

La différence $P_t - P_u$ comprend toutes les pertes qui sont d'abord les *pertes de puissance électriques* qui se font dans les circuits inducteurs et induits et qui sont :

$$p_{et} = \frac{m_1}{2} R_1 T I^2_1 + \frac{m_2}{2} R_2 I^2_2 \quad (87)$$

P_e étant la *puissance électrique nette* fournie au moteur,

$$P_e = P_t - p_e$$

et

$$\frac{P_e}{P_t} = R_e \quad (88)$$

est le *rendement électrique*.

Les autres pertes comprenant les pertes

par hystérésis et courants de Foucault sont :

$$phf = D_2 (\omega_1 - \omega_2)^2 \Phi^2 + (\omega_1 - \omega_2) \Phi^{1,6} + D_1 \omega^2_1 \Phi^2_1 + G_1 \omega_1 \Phi_1^{1,6} \quad (89)$$

et les pertes par frottement mécanique :

$$pm = \omega_2 Cf \frac{r}{R} + \omega_2 Qfr = \omega_2 fr\left(\frac{C}{R} + Q\right) \quad (90)$$

si nous négligeons la tension de la courroie et si nous supposons que le moteur est simplement chargé d'un frein de Prony de poids négligeable et que l'induit pèse Q kg.

Dans tout autre cas $\frac{C}{R}$ représentera la somme des pressions sur les paliers. C est le couple moteur, f le coefficient de frottement dans les coussinets, r le rayon de ces derniers et R le rayon du bobinage d'induit.

Si le moteur possède des balais dont la pression totale est F, le coefficient de frottement f' et la distance à l'axe r', on a :

$$pm = \omega_2 \left(C \frac{fr}{R} + Qfr + F'r'\right)$$

La somme des pertes parasites autres que purement électriques est ainsi :

$$phf + pm = D_2 (\omega_1 - \omega_2)^2 \Phi^2 + G_2 (\omega_1 - \omega_2) \Phi^{1,6} + D_1 \omega^2_1 \Phi^2_1 + G_1 \omega_1 \Phi_1^{1,6} + C\omega_2 f \frac{r}{R} + \omega_2 Q fr + \omega_2 F f' r'.$$

La puissance électrique P_{ec} se transformant en une puissance mécanique P_u par le moteur, nous appellerons

$$\frac{P_u}{P_e} = R_t \quad (91)$$

le rendement de transformation :

$$R_i = \frac{P_e}{P_t} \times \frac{P_u}{P_e} = R_e \times R_t$$

c'est-à-dire que le *rendement industriel est le produit des rendements électriques et de transformation.*

Le couple utile C_u est égal au couple brut C résultant des actions électromagnétiques et que nous avons appris à calculer antérieurement, plus le couple $\frac{W_2}{\omega_1 - \omega_2}$ résultant des pertes dans l'induit; moins le couple résistant du frottement $\frac{pm}{\omega_2}$.

$$C_u = C + \frac{W_2}{\omega_1 - \omega_2} - \frac{pm}{\omega_2} = \text{sensiblement } C - \frac{Cfr}{R} - Qfr - Ff'r' = C\left(1 - \frac{fr}{R}\right) - Qfr - Ff'r'. \quad (92)$$

C. — Caractéristiques des couples, des puissances et des rendements

a. Couples. — Reprenons la courbe des couples bruts C désignés par les lettres $OA_3 G_3$ de la figure 26. Les courbes de fonctionnement normal ont leur maximum qui s'approche plus du synchronisme, mais nous considérerons la courbe citée pour que le tracé soit plus clair.

Nous avons vu que, dans tous les cas pratiques, la courbe des couples part de l'origine au synchronisme, passe par un maximum et conserve une valeur positive au démarrage. Cette forme de courbe résulte de l'analyse de la formule du couple C.

Le couple utile que l'on peut recueillir sur l'arbre s'exprime par la relation (92).

$$C_u = C - \frac{Cfr}{R} - Qfr - Ff'r' = C - C_p$$

Les deux derniers termes soustractifs sont constants si on suppose les coefficients de frottement invariables, ce qui n'est pas tout à fait exact. Le premier terme est proportionnel au couple brut. Il suit de là que les ordonnées de la courbe des couples passifs C_p se composent d'une partie constante pour toute la marche et d'une partie proportionnelle aux ordonnées de la caractéristique C. Cette courbe a donc la forme ***abc***, et son maximum correspond à celui de $OA_3 G_3$.

La courbe des couples utiles $OA'_3 G'r_3$ a donc même forme que celle des couples bruts, mais elle coupe l'axe des abscisses après le synchronisme, au point de vitesse maximum de l'induit, le synchronisme ne pouvant être atteint en pratique.

Quant à ce que l'on pourrait appeler le

rendement en couple ou

$$\frac{C_u}{C} = \frac{C - C\frac{fr}{R} - Qfr - Ff'r'}{C}, \qquad (93)$$

la courbe ODFH qu'il fournit s'élève très vite vers un maximum et conserve à peu près ce maximum jusqu'au démarrage. La raison de cette quasi-uniformité du rendement tient à la variation du couple passif avec le couple brut. Plus le couple résistant dû au poids Q et aux pressions F des balais est faible ($-Qfr - Ff'r'$) et plus le rendement en couple est uniforme.

C). *Puissances et rendements.* — La forme générale des courbes de puissances et de rendements est indiquée sur la figure 27. Soit $OA_1 D_1$ la courbe de couple utile déterminée comme il est décrit ci-dessus. La *puissance utile*

$$P_u = C_u \omega_2$$

est représentée par O*abc*. Elle est nulle vers le synchronisme, possède un maximum plus rapproché de ce dernier point que celui du couple et est encore nulle au démarrage parce que la vitesse ω_2 de l'induit y est nulle aussi.

D'après ce que nous venons de voir ci-dessus (*a*) la *puissance perdue en frottements mécaniques*

$$C_p \omega_2$$

possède une courbe de même forme. C'est *opqc*.

La puissance absorbée par l'*hystérésis et les courants de Foucault* est maximum au synchronisme et presque nulle au démarrage. Soit *rstcqpo* la course de cette autre perte, *rstc* représente donc la perte totale de puissance due à la transformation d'énergie électrique en énergie mécanique. Si nous portons cette perte totale au-dessus de la courbe O *abc* de la puissance utile, nous obtenons celle (*rdec*) de la *puissance électrique nette fournie* et les rapports des ordonnées de la première à celles de la seconde fournissent les rendements de transformation

$$R_t = \frac{P_u}{P_e}$$

qui sont représentés par la caractéristique *hijv*. La puissance électrique nette fournie au moteur possède donc une certaine valeur au synchronisme, alors que la puissance utile est nulle, tandis qu'elle est à peu près nulle au démarrage, où la puissance utile est aussi nulle. Il en résulte que la caractéristique du rendement de transformation, qui s'élève très près de l'axe des ordonnées part de zéro vers le synchronisme pour aboutir rapidement à une région de maximum de valeur.

La perte par effet Joule est évidemment nulle au synchronisme et maximum au démarrage. Soit *ruvwctsr* cette perte, et portons-la au-dessus de P_e pour obtenir la puissance totale électrique fournie, suivant *rfgw*.

Le rapport des ordonnées des courbes *rdec* et *rfgw* donne la courbe *klc* des *rendements électriques*.

$$R_e = \frac{P_e}{P_t}.$$

Le rendement électrique est nul au démarrage et maximum au synchronisme où les courbes de puissances électrique et totale tendent vers la coïncidence.

Le produit des ordonnées des caractéristiques des rendements de transformation et électrique fournit la caractéristique *hmnc* des rendements industriels

$$R_i = \frac{P_u}{P_e} \times \frac{P_e}{P_t} = \frac{P_u}{P_t}.$$

Elle est naturellement comprise entre *hijv* et *klc*.

Elle passe donc par l'axe des abscisses près du synchronisme et au démarrage, mais son maximum correspond à la période de croissance des couples et des puissances, dans la région stable, et il est d'autant plus près du synchronisme que les pertes de puissance sont plus faibles.

Ces caractéristiques, quoique approxima-

tives, montrent que le rendement atteint très rapidement la région du maximum de valeur.

On peut évidemment traiter cette question de maximum des rendements par le calcul, mais on arrive à des formules compliquées et peu utiles parce qu'on ne peut pas les utiliser avec succès en pratique.

Nous renvoyons à notre travail concernant le laboratoire de l'École de Mons [1] pour les courbes de fonctionnement d'un moteur asynchrone sous tensions ou courants constants, tensions et courants variables.

(*A suivre.*)

S. Hanappe.

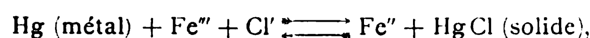
TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ ALLEMANDE D'ÉLECTROCHIMIE

CONGRÈS DE LEIPZIG [2]

M. Peters, de Leipzig, résume un travail qu'il a entrepris :

Sur le rôle des sels complexes dans les chaînes d'oxydation et de réduction

Considérons un mélange de sels ferreux et ferriques dont on détermine le potentiel par rapport à l'électrode normale (solution normale de chlorure de potassium, calomel, mercure) ; l'auteur arrive à la conclusion que ce potentiel dépend seulement du rapport de la concentration des deux ions fertrivalents Fe''' et bivalents Fe''. Il se formerait entre la solution et l'électrode un véritable équilibre qu'on peut représenter par le schéma :



$$\text{Hg (métal)} + Fe''' + Cl' \rightleftarrows Fe'' + HgCl \text{ (solide)},$$

la double flèche indique, comme d'habitude, que la réaction ne se fait complètement ni dans un sens ni dans l'autre. Les phases mercure liquide et mercure ion (ou calomel) sont des quantités constantes [1] ; on peut de même, d'après l'auteur, négliger les ions chlore, puisque leur concentration est constante dans l'électrode normale.

D'après la loi bien connue de Guldberg et Waage l'*équilibre* est alors régi par la condition

$$\frac{CFe'''}{CFe''} = k$$

où les termes de la fraction représentent les concentrations des ions ferriques et ferreux (c'est-à-dire le nombre d'ions-gramme contenus dans un litre de solution) et k une quantité qui est constante à une température déterminée.

Guidé par une formule de van t'Hoff [3]

$$e = \frac{RT}{nF} \, ln\, k$$

qui s'applique aux chaînes d'oxydation et de réduction (dans laquelle R est la constante des gaz, T la température absolue, n le degré de la réaction, F la quantité d'électricité transportée par une valence-gramme ou 96 540 coulombs, e la force électromotrice, k la constante d'*équilibre* de la réaction chimique), M. Peters a réussi à représenter ses résultats par une expression du même genre

$$e = A + \frac{RT}{F} \, ln \, \frac{CFe'''}{CFe''}$$

ici e signifie la différence de potentiel entre l'électrode normale et le mélange des sels ferreux et ferrique. A la température de 17° et en mettant les log ordinaires à la place

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 108 (note).

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XII, p. 340 ; t. XIII, p. 65, 489, 539 et 590 ; 1897.

(2) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 93 et 504 ; t. XVII, p. 105, 237 et 310.

(3) La formule générale sera donnée à propos d'une communication de MM. Bredig et Knüpffer.

des log naturels, l'expression se transforme en

$$e = A + 0{,}0575 \log \frac{CFe'''}{CFe''}.$$

On voit que la constante A n'est autre chose que la différence de potentiel dans le cas particulier où la concentration des ions ferreux est égale à celle des ions ferriques, $C\,Fe''' = C\,Fe''$. Connaissant ainsi la valeur de A par des expériences directes, on peut calculer quel est le rapport $\frac{C\,Fe'''}{C\,Fe''}$ qui annule e. On trouve que la concentration CFe'' des ions ferreux doit être $10^{7{,}45}$ fois plus grande que celle des ions ferriques CFe'''. Pour vérifier cette conclusion il faut tâcher de diminuer autant que possible le nombre des ions ferriques.

Il résulte des travaux de Speranski et Petersen que les combinaisons fluorées du fer, du chrome et du manganèse *trivalents* ont une dissociation électrolytique très faible. Si donc on ajoute une solution concentrée de fluorure de sodium à la solution d'un sel ferreux, le petit nombre d'ions ferriques que le liquide peut contenir disparaissent presque totalement et le potentiel doit varier.

Les mesures de conductibilité électrique et de l'abaissement du point de congélation des mélanges de chlorure ferrique, $FeCl^3$, et de fluorure de sodium, NaF, montrèrent d'abord qu'effectivement un grand nombre d'ions sont supprimés, tandis qu'en mélangeant du fluorure de sodium au chlorure ferreux $FeCl^2$, le nombre d'ions est presque le même qu'avant le mélange.

De même la conductibilité déjà assez faible du fluorure ferrique FeF^3 est encore abaissée par la présence du fluorure de sodium ; on peut du reste s'en rendre compte qualitativement ; ces solutions (mélange de fluorure ferrique et de fluorure de sodium) ne réagissent plus que très faiblement sur le ferrocyanure de potassium.

Les mesures électrométriques qu'on effectua sur le mélange de la liqueur ferroso-ferrique et de fluorure de sodium donnèrent des variations de potentiel dans le sens prévu par la formule. On composa par exemple deux solutions normales, l'une de chlorure ferreux (avec de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique) et l'autre de chlorure ferrique ; le mélange à volumes égaux de ces liquides (10 cm^3 de chaque) possédait par rapport à l'électrode normale une différence de potentiel de 0,43 volt ; après addition de 22 cm^3 d'une solution 0,3 — normale de fluorure de sodium, la force électromotrice totale tomba à zéro. Ainsi le rapport $\frac{CFe'''}{CFe''}$ avait diminué de telle façon que la concentration des ions ferreux valait environ $10^{7{,}5}$ fois celle des ions ferriques.

En ajoutant une nouvelle quantité de fluorure de sodium, le potentiel tomba plus bas encore et en même temps il se précipita un sel finement cristallisé auquel l'analyse assigna la formule FeF^3, $3NaF$, $1/2H^2O$. Ce corps ne doit pas être considéré comme un sel double, mais comme le sel de sodium d'un acide ferrifluorhydrique Na^3FeF^6, $1/2\,H^2O$, ainsi que le prouvent des expériences de transport d'ions, calquées sur les travaux classiques de Hittorf. En électrolysant une solution de ce sel on trouva constamment que la teneur en fer avait augmenté du côté de l'anode et diminué du côté de la cathode, tandis qu'un essai parallèle tenté sur le sulfate ferrique donna précisément le résultat contraire.

Ainsi l'ion ferrique primitif se trouve engagé maintenant en majeure partie dans un ion complexe ; c'est la cause déterminante des variations de potentiel observées.

L'auteur n'a cependant pas réussi à prouver que la combinaison $Na^3\,FeF^6$ existe en *solution*, bien que ce soit très vraisemblable.

M. Peters généralise les faits qui précèdent et conclut qu'à la suite de l'addition d'un sel étranger un réducteur quelconque gagne en énergie, c'est-à-dire que sa solution devient plus réductrice — avec une variation correspondante de son potentiel — quand le produit d'oxydation est susceptible de former avec le sel ajouté un corps peu ionisé ou même une combinaison complexe ; et vice versa.

M. H. Specketer, de Göttingen :

SUR UNE MÉTHODE DE SÉPARATION QUANTITATIVE DES HALOGÈNES, CHLORE, BROME, IODE

Les procédés de séparation basés sur une augmentation graduelle de la force électromotrice n'ont été appliqués jusqu'à présent qu'aux mélanges de métaux. L'auteur a essayé d'employer la méthode à la séparation des halogènes, assez pénible à effectuer par les traitements purement chimiques.

Les tensions de décomposition des acides chlorhydrique, bromhydrique, iodhydrique sont respectivement de 1,31, 0,94, 0,52 volt. Malgré ces différences notables, et en enlevant l'iode par le sulfure de carbone, au fur et à mesure de sa production, une force électromotrice de 1,2 volt ne suffit pas à décomposer quantitativement l'acide iodhydrique. Cela tient à ce que l'iode libre diffuse en partie vers la cathode et y redonne de l'acide iodhydrique.

Renonçant à ce procédé de séparation directe, l'auteur en utilisa un autre qui consiste à transformer les halogènes en leurs combinaisons argentiques, en les électrolysant entre une cathode de platine et une anode d'argent.

La force électromotrice que l'on obtient lors de la dissolution d'un métal de la mise en liberté d'une quantité équivalente d'hydrogène se calcule d'après la formule de Nernst (1)

$$e = 0{,}058 \log \frac{P_1}{p_1} - 0{,}058 \log \frac{P_2}{p_2},$$

les lettres P désignant les tensions de dissolution du métal et de l'hydrogène, les lettres p leurs pressions osmotiques. Suivant l'auteur, le rapport $\frac{P^2}{p_2}$ devient égal à l'unité, si la solution est normale par rapport à l'hydrogène. Alors le second terme disparaissant, on obtient, en remplaçant P_1 par sa valeur connue (exprimée en unité de concentration)

$$e = -0{,}78 - 0{,}058 \log p_1,$$

p_1 est la pression osmotique des ions argent qu'il est possible de calculer.

Le produit (Ag) $\times$ (I) de la concentration des ions argent et iode est constant et égal au produit de solubilité de l'iodure d'argent dans l'eau pure (1). La solubilité de l'iodure d'argent étant de $0{,}97 \times 10^{-8}$ (mol.gr par litre) on a

$$(\mathrm{Ag}) \times (\mathrm{I}) = (0{,}97 \times 10^{-8})^2.$$

Si la solution d'acide iodhydrique est, au début, 0,03 — normale, il vient

$$p_1 = (\mathrm{Ag}) = \frac{(0{,}97 \times 10^{-8})^2}{0{,}03},$$

et la force électromotrice obtenue est $+0{,}06$ v.

On peut en conclure que dans une solution normale pour les ions hydrogène, l'argent est susceptible de dégager l'hydrogène de l'acide iodhydrique.

La solubilité du bromure d'argent étant de $6{,}6 \times 10^{-7}$, on trouve de la même manière, dans des conditions semblables

$$e = -0{,}15 \text{ volt.}$$

Enfin la solubilité du chlorure d'argent s'élève à $1{,}25 \times 10^{-5}$, et le calcul donne

$$e = -0{,}30 \text{ volt.}$$

Ainsi pour mettre en liberté le brome et le chlore, les forces électromotrices nécessaires sont respectivement au moins égales à 0,15 et 0,30 volt.

L'expérience montra qu'il fallait employer 0,26 volt pour le brome et 0,45 volt pour le chlore. On doit aussi observer qu'en présence de l'oxygène de l'air, le brome et le chlore se combinent à l'argent, même sans force électromotrice supplémentaire. Bien plus, on obtient dans ce cas la force électromotrice notable de 1,08 volt, par suite de la dépolarisation de l'hydrogène. Il faut donc avoir soin de diriger un courant continu d'hydrogène dans l'électrolyte.

Remarquons également qu'au fur et à me-

(1) Cf. *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 107.

(1) Cf. *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 108 (note).

sure que la concentration de l'acide halogéné (c'est-à-dire de l'ion halogène) diminue, la concentration p_1 des ions argent va en augmentant, et de même la force électromotrice e augmente (en valeur absolue) [1].

On s'en est tenu au procédé opératoire suivant : pour la séparation de l'iode, effectuer l'électrolyse jusqu'à une force électromotrice maximum de 0,13 volt, puis monter, pour enlever le brome jusqu'à 0,35 volt; enfin déterminer le chlore dans le résidu par le procédé chimique de Volhard, en titrant au nitrate d'argent et au sulfocyanate de potassium, l'alun de fer servant d'indicateur.

On prit comme véhicule électrolytique une solution normale d'acide sulfurique. L'électricité était fournie par un élément thermo-électrique de Gülcher, qui donnait 3 volts; le circuit était fermé par un fil le long duquel pouvait glisser un contact mobile. Un voltmètre était directement relié à ce contact et à l'extrémité du fil. Il est bon de se servir d'un régulateur de gaz quand les variations de pression sont trop considérables pendant la durée des expériences.

Le vase à électrolyse est un verre étroit et haut, semblable à un cylindre gradué; de cette façon on n'a pas à craindre de projections du fait du courant d'hydrogène, et il est facile en outre de laver l'anode avec une pissette. A travers le bouchon fermant le vase passent la cathode formée par une lame de platine, le tube adducteur de l'hydrogène et l'anode. Celle-ci est constituée par une toile d'argent très pur provenant de la Gold und Silberscheide Anstalt de Francfort et offrant une grande surface. La pureté de l'argent est absolument nécessaire; si ce métal est souillé de cuivre, ce qui lui arrive souvent, il se dissout à l'anode et vient se séparer à la cathode ; les résultats sont alors toujours trop faibles. On a employé pour les essais les chlorure, bromure et iodure de potassium purs de Kahlbaum, préalablement chauffés au rouge et analysés.

On reconnaît la fin de l'opération à la cessation du dégagement d'hydrogène à la cathode, et aussi à l'aide d'un galvanomètre *sensible* que l'on introduit dans le circuit et qui ne donne plus de déviation appréciable. Faute de cet instrument on prélève une goutte de liquide et on y recherche l'iode ou le brome. L'électrolyse achevée, on nettoie l'anode avec la pissette, on lave le précipité et on le sèche à 120°. Si on n'a affaire qu'à un mélange de deux halogènes on titre celui qui reste par le procédé de Volhard, comme le chlore seul.

Voici les résultats obtenus :

I. — *Séparation d'iode et de chlore.*

Force électromotrice : 0,13 volt.

Iode employé.	Iode trouvé.
0,2909	0,2892
0,0481	0,0480
0,3807	0,3773
0,2394	0.2386
0,1588	0,1598
0,2290	0,2265
0,1544	0,1532

II. — *Séparation de brome et de chlore.*

Force électromotrice : 0,35 volt.

Brome employé.	Brome trouvé.
0,1944	0,1940
0,1062	0,1041
0,2735	0,2736
0,2122	0,2111
0,1963	0,1958
0,1905	0,1883
0,1899	0,1906
0,1865	0,1836

III. — *Séparation d'iode et de brome.*

Force électromotrice : 0,13 volt.

Iode employé.	Iode trouvé.
0,1707	0,1685
0,1636	0,1610
0,2029	0,2036
0,1078	0,1080
0,1235	0,1218
0,1356	0,1348

On voit que les plus grandes différences se

[1] Ainsi pour les limites de solubilité des sels d'argent on aurait — 0,32 volt pour I, — 0,42 volt pour Br, — 0,50 volt pour Cl. (*Réd.*)

rencontrent dans la séparation du brome et du chlore; dans celles de l'iode et du brome, de l'iode et du chlore, l'erreur est pratiquement négligeable.

En résumé, pour réussir, il faut écarter soigneusement l'oxygène de l'air, posséder une force électromotrice constante et opérer avec une concentration d'acide bien déterminée qui, dans le cas particulier, était normale.

(*A suivre.*)

P. Th. Muller.

ACCUMULATEURS POUR AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES

ACCUMULATEURS FAURE-SELLON-VOLCKMAR (Système VALLS et Cie)

Trois types d'accumulateurs ont été spécialement étudiés par la maison Valls et Cie pour la propulsion des automobiles. L'un de ces types est à grande capacité et grande puissance spécifiques; nous le qualifierons de *très léger*.

Mais si une grande capacité et une grande puissance par unité de poids sont deux qualités que l'on recherche dans tous les accumulateurs et surtout dans ceux de traction, on sait que jusqu'ici elles ne peuvent guère être obtenues qu'aux dépens de la durée des accumulateurs. Aussi dans les installations de batteries à poste fixe, dans les stations centrales, par exemple, où, aux débuts, on employait des accumulateurs relativement légers, en est-on venu à l'emploi d'accumulateurs lourds, la faible augmentation des frais de premier établissement en résultant étant plus que largement compensée par la diminution des frais d'entretien. Dans la traction, les conditions sont, il est vrai, très différentes : en augmentant le poids de la batterie on augmente le poids mort et par suite les dépenses de traction par kilomètre pour une même charge utile. Toutefois dans certaines conditions d'exploitation il pourra se faire que, malgré cette augmentation des dépenses de traction, l'avantage économique reste aux accumulateurs lourds mais robustes et plusieurs de nos constructeurs d'automobiles sont de cet avis. C'est pour donner satisfaction aux divers desiderata que la maison Valls et Cie construit deux autres types d'accumulateurs, le type *léger* et le type *normal*, laissant au temps et à l'expérience le soin de fixer le choix entre ces trois types.

Les accumulateurs du type *très léger* contiennent 13 plaques pesant chacune 400 gr. L'une est formée par un quadrillage en plomb doux que représente la figure 1. Chaque face des plaques est recouverte d'une lame mince perforée, en ébonite, destinée à maintenir la matière active. Une lame d'ébonite ondulée placée entre deux plaques assure l'écartement. Les bacs sont en ébonite. Ils peuvent être hermétiquement fermés; toutefois comme cette fermeture empêche totalement l'examen de l'intérieur des éléments, les constructeurs, sur la demande de la plupart de leurs clients, les laissent ouverts. Pour éviter que l'acide jaillisse hors des bacs, on place au-dessus des plaques une lame d'ébonite découpée de manière à ne laisser entre ses bords et les parois du bac et les tiges de connexion que le jeu strictement nécessaire pour permettre de soulever ces plaques.

La durée normale de la décharge est de cinq heures et demie. Le débit est alors de 15,6 ampères par élément, soit environ 2 ampères par kilogramme de poids total; la puissance est de 30 watts environ, la capacité de 85 ampères-heure et l'énergie de 163 watts-heure par élément.

Une batterie de 44 éléments, du poids de 352 kg, permet à une voiture, pesant en charge environ 1 300 kg, de faire un trajet

d'environ 60 km avec une vitesse moyenne de 12 km : h, sans avoir à renouveler la charge.

La surface occupée par cette batterie est d'à peu près 55 dm^2 sur une hauteur de 25 cm.

Aux démarrages, à la montée d'une forte rampe ou pour franchir un obstacle la batterie peut donner sans inconvénient et pendant quelques instants un courant d'intensité double de l'intensité normale.

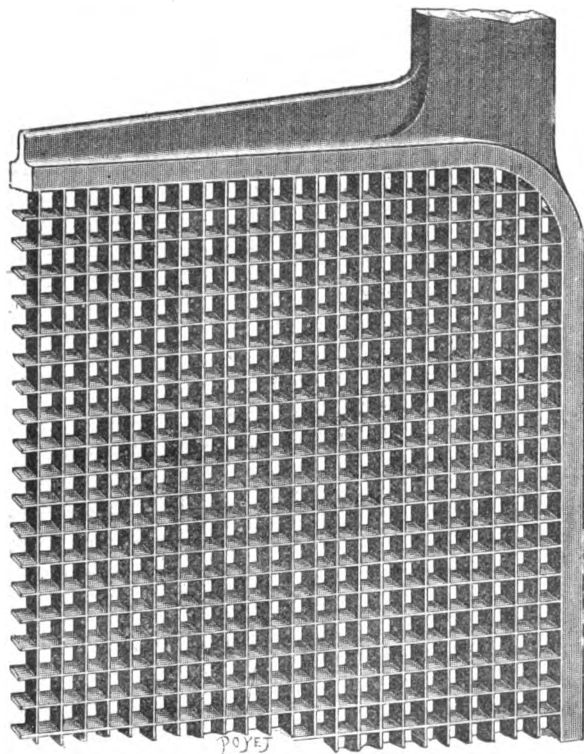


Fig. 1. — Plaques positives et négatives d'accumulateurs Valls pour automobiles, types très légers et légers.

Les premières colonnes de chiffres des tableaux ci-joints contiennent les dimensions, poids et caractéristiques des plaques, éléments et batteries de ce type.

Les accumulateurs du type *léger* contiennent 19 plaques qui ne diffèrent du type précédent que parce qu'elles ont une capacité un peu moins grande. La disposition des plaques est la même.

Pour une décharge en 6 heures, l'intensité du courant de décharge est de 20 ampères, soit 1,75 ampère par kilogramme de poids total ; la puissance est de 38 watts, la capacité de 120 ampères-heure et l'énergie de 228 watts-heure par élément.

Une batterie de 44 éléments, du poids total de 500 kg, permet à une voiture, pesant en charge environ 1 500 kg, de faire un trajet d'environ 65 km avec une vitesse moyenne de 12 km : h, sans avoir à renouveler la charge.

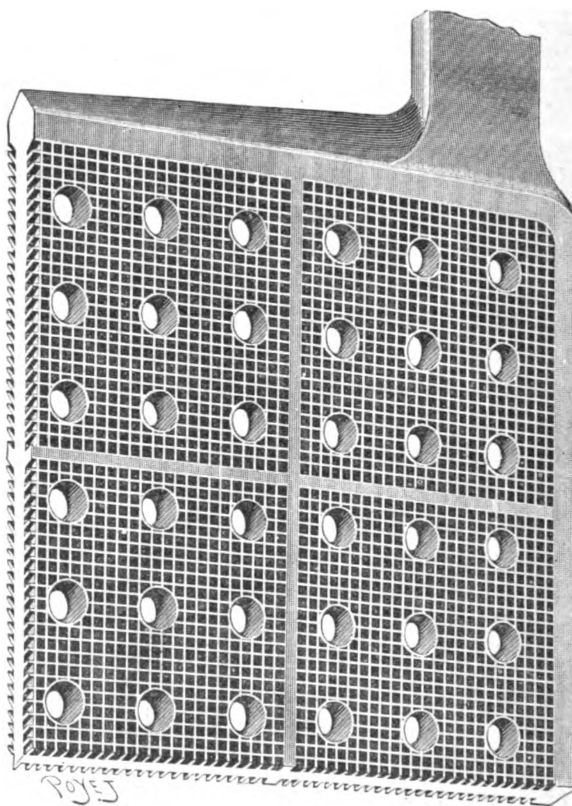


Fig. 2. — Plaque positive d'accumulateur Valls pour automobiles, type normal.

La surface occupée par cette batterie est d'à peu près 70 dm^2, sur une hauteur de 25 cm.

Les dimensions, poids et données caractéristiques des plaques, éléments et batteries de ce type sont indiqués dans les secondes colonnes des deux tableaux ci-joints.

Les accumulateurs du type *normal* con-

Tableau I. — *Accumulateurs Valls et Cie pour automobiles.*

TYPES		TRÈS LÉGER	LÉGER	NORMAL
Nombre	de plaques	13	19	23
	de plaques positives	6	9	11
Récipient (Encombrement)	Longueur extérieure . . . cm.	16	16	16
	Largeur extérieure . . . »	7,5	10,5	14,5
	Hauteur extérieure . . . »	22	22	22
Plaques	Largeur . . . »	14,5	14,5	14,5
	Hauteur . . . »	14,5	14,5	14,5
	Surface (2 faces) . . . dcm^2.	4,20	4,20	4,20
	Surface positive totale d'un élément. »	25,23	42	46,20
Poids	Plaques négatives . . . kg.	0,400	0,400	0,400
	Plaques positives . . . »	0,400	0,400	0,650
	Plaques d'un élément . . . »	5,200	7,600	11,950
	Queues et contacts d'un élément . . »	0.500	0,800	1
	Liquide et récipient . . . »	2,300	3	3
	Poids total d'un élément . . . »	8	11,400	15,950
	Poids total de 44 éléments . . . »	352	502	704

Tableau II. — *Constantes spécifiques.*

TYPES		TRÈS LÉGER	LÉGER	NORMAL
Durée de la décharge		5 h. 30 m.	6 h.	5 h.
Débit normal en ampères.	par dcm^2 de surface positive	0,618	0,48	0,54
	par plaque positive d'un élément	2,6	2	2,3
	par kilogramme d'élément	1,9	1,75	1,6
	par élément	15,6	20	25
Force électromotrice par éléments, en volts		1,9	1,9	1,9
Puissance normale en watts.	par kilogramme de plaque	5,7	5	4
	par kilogramme d'élément	3,6	3,3	3
	par élément	29,6	38	48
	par 44 éléments	1 310	1 680	2 160
Capacité en ampères-heure.	par kilogramme de plaque	16,3	15,8	10,4
	par kilogramme d'élément	10,6	10,5	8
	par élément	85	120	125
Énergie en watts-heure.	par kilogramme de plaque	31,3	30	20
	par kilogramme d'élément	19,8	19,8	15
	par élément	163	228	240
	pour 44 éléments	7 200	10 032	10 800
Énergie en chevaux-heure pour 44 éléments		9,7	13,7	14,6
Poids d'éléments	par kilowatt	268	297	325
	par kilowatt-heure	48	49	65
	par cheval-vapeur-heure	35,7	36	48

tiennent 23 plaques. Les plaques négatives sont les mêmes que pour les types précédents. Les plaques positives sont semblables à celles des accumulateurs à poste fixe des mêmes constructeurs ; le support grillagé de la matière active est représenté par la figure 2. Ces plaqués pèsent 650 gr chacune ; elles sont très robustes et ont une durée bien supérieure à celle des positives des types précédents.

Pour une décharge en cinq heures, l'intensité du courant est de 25 ampères par élément, soit 1,6 ampère par kilogramme de poids total ; la puissance est alors de 48 watts, la capacité de 125 ampères-heure, l'énergie de 240 watts-heure par élément.

Une batterie de 44 éléments pèse 700 kg et permet à une voiture de 1 800 kg en ordre de marche d'accomplir un parcours de 60 km avec une vitesse de 12 km : h.

L'encombrement de cette batterie est d'environ 100 dm^2 de surface sur 25 cm de hauteur.

Les dernières colonnes des tableaux ci-joints indiquent les dimensions, poids et données caractéristiques des plaques, éléments et batteries de ce type.

Plusieurs batteries de ces divers types ont été mises en service sur des électromobiles ; ces applications sont trop récentes pour qu'on puisse en déduire des indications sur la manière dont se comportent les batteries. Mais les électrodes ont fait leurs preuves dans des conditions, sinon identiques, du moins présentant quelque analogie avec celles où elles se trouvent sur les électromobiles : depuis plus de trois ans des batteries munies des mêmes électrodes sont utilisées pour l'éclairage de wagons de la Compagnie des chemins de fer du Midi, et n'ont donné lieu à aucune réparation ; d'autres servent à l'allumage des gaz explosifs dans les automobiles à pétrole et se sont aussi fort bien comportées.

J. REYVAL.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Pompe électrique des mines d'Anzin [1].

La Compagnie d'Anzin a fait installer récemment dans la fosse de Lambrecht une pompe électrique qui est destinée à élever 25 m^3 d'eau à l'heure, du niveau 360 au sol, soit 250 m^3 pour une marche de dix heures, et pourra épuiser le même volume aux étages futurs de 450 et 540, en augmentant seulement la durée de marche quotidienne.

MM. Barry, directeur divisionnaire, et Baudot, ingénieur de la Compagnie, ont préféré la pompe électrique à la pompe à vapeur pour les raisons que nous allons exposer.

La pompe à vapeur doit avoir toute son installation au fond de la mine, installation qui nécessite des chambres de grande dimension, dont le coût peut atteindre 30 000 fr ; de plus, lorsque l'exploitation s'enfonce davantage, il faut déplacer la pompe. La pompe électrique, au contraire, ne demande qu'un petit emplacement pour la dynamo et la pompe, le reste étant au jour ; le coût de la chambre ne dépasse pas 4 000 fr, et en outre la mobilité de la pompe l'a fait encore préférer, malgré son coût plus élevé.

Le rendement mécanique de la pompe à vapeur qui à Lambrecht est de 50,2 p. 100, est inférieur à celui de la pompe électrique, (70 p. 100). La perte par condensation dans la conduite peut abaisser le rendement économique de la pompe à vapeur, cette perte peut atteindre 20 p. 100 de la vapeur produite. Il faut en outre maintenir la vapeur dans la conduite, même pendant les arrêts.

L'entretien des enveloppes calorifuges présente de sérieuses difficultés que n'offrent pas celui des câbles électriques.

[1] *Bulletin de la Société de l'Industrie minérale.*

La pompe à vapeur est d'un emploi commode lorsqu'elle peut marcher avec condensation, ce qui n'est plus possible à une grande profondeur, et il faudrait encore disposer de vides importants dans les vieux travaux pour y envoyer la vapeur. En outre, cette pompe échauffe beaucoup l'air de la chambre, d'où l'obligation d'avoir un courant d'air spécial, si l'on ne veut pas envoyer l'air chaud dans les travaux.

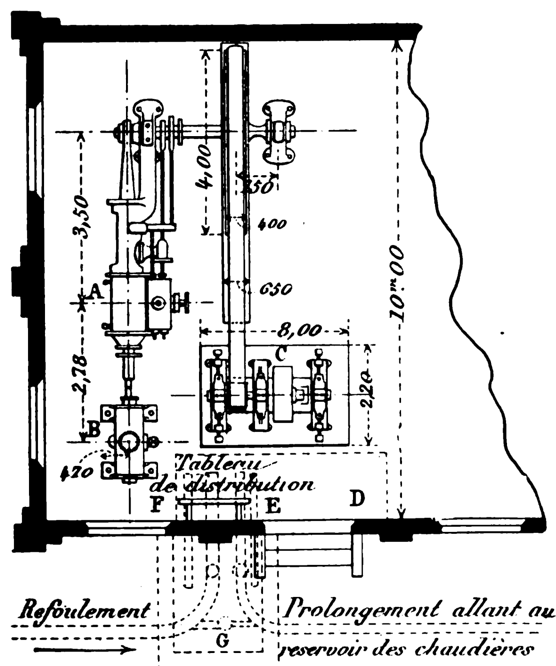


Fig. 1. — Pompe électrique.

Voici maintenant la description de l'appareil; il se compose de trois parties essentielles :

Au jour : une machine à vapeur commandant par courroie une dynamo génératrice;

Dans le puits : deux conducteurs électriques et une colonne de refoulement;

Au fond : une dynamo réceptrice et une pompe de refoulement.

La transmission d'énergie est faite sous 500 volts par courant continu; les dynamos sont à vitesse réduite de façon à pouvoir attaquer directement la génératrice par le moteur et la pompe par la réceptrice.

Les dynamos sont à courant continu, quatre pôles avec anneau Gramme et balais en charbon. Elles peuvent produire 125 ampères sous 500 volts. L'arbre est en acier. Les dynamos reposent sur un socle en fonte et sont isolées par une plaque en caoutchouc.

La génératrice est à excitation compound, ce qui permet d'obtenir à vitesse constante un voltage sensiblement constant. Un rhéostat intercalé dans le circuit excitateur permet d'en faire varier la résistance. La réceptrice est excitée en dérivation.

Les câbles sont formés par 19 fils de cuivre de 2,24 mm de diamètre donnant une section de 75 mm², ils sont recouverts par une couche de coton imprégné de matière isolante, une enveloppe de plomb, une autre de papier goudronné, une de jute asphalté, une autre formée de fils d'acier galvanisés et une dernière de jute asphalté Le diamètre extérieur est de 35 mm, le poids de 3,8 kg au mètre.

La colonne de refoulement est formée de tuyaux d'acier de 5 m de long, diamètre intérieur 100 mm, extérieur 112 mm dans le bas et 110 dans le haut. Les joints sont à emboîtement avec interposition d'une rondelle de gutta-percha.

La réceptrice attaque, par l'intermédiaire d'un accouplement Raffard, un pignon actionnant un engrenage calé sur l'arbre des pompes

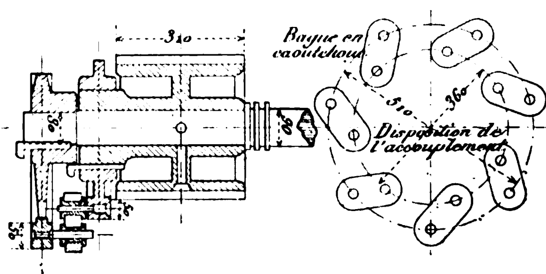


Fig. 2. — Accouplement Raffard.

(fig. 2). Cet accouplement est formé par une roue d'engrenage de 1,8606 m de diamètre calée sur l'arbre des pompes. La roue porte 158 dents de bois dressées avec soin et fixées dans des alvéoles. Elle forme volant, et sa masse peut être accrue par l'adjonction d'une couronne rapportée et boulonnée. Elle est attaquée par

un pignon en acier portant 27 dents et emmanché, mais non calé, sur l'arbre de la dynamo. Le pignon est relié à un plateau en fonte portant sur une même circonférence 7 goujons; sur l'arbre de la dynamo est calé un autre plateau semblable de diamètre un peu plus grand. Sur les 14 goujons, on engage un petit manchon en antifriction, et chacun des manchons de l'un des plateaux est réuni au manchon le plus voisin de l'autre par une bague en caoutchouc. L'accouplement ainsi réalisé possède une certaine élasticité et, en cas de résistance anormale des pompes, il évite des accidents aux dynamos.

Deux tableaux complètent l'installation (fig. 3) :

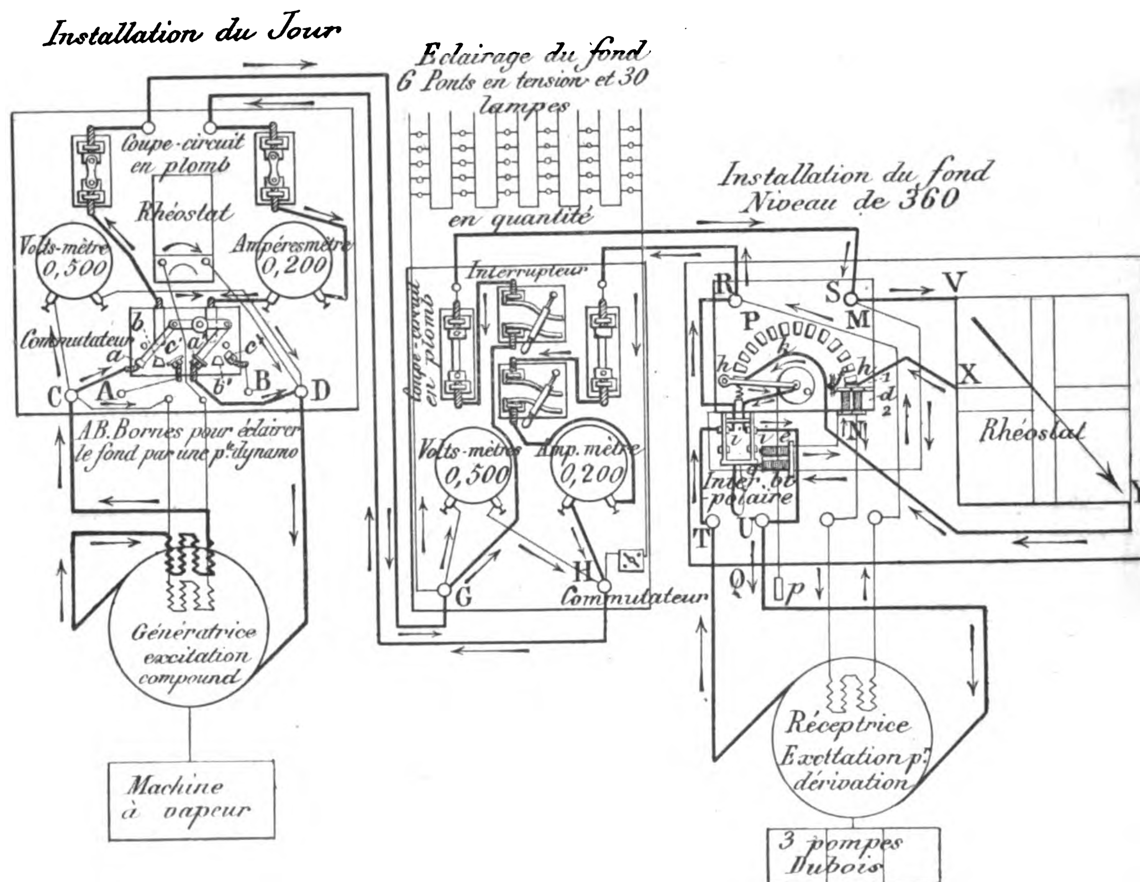


Fig. 3. — Schéma de l'installation de la pompe électrique d'Anzin.

1° Au jour : un commutateur à trois directions permet d'isoler la ligne ou de lui envoyer le courant de la dynamo ou celui d'une autre dynamo; un voltmètre, un ampèremètre, un rhéostat dans le circuit dérivé d'excitation, deux coupe-circuits;

2° Au fond : un voltmètre, un ampèremètre, deux coupe-circuits et deux interrupteurs destinés à isoler la ligne en cas de recherche, un rhéostat de mise en marche, un interrupteur bipolaire.

La dynamo du dehors sert à l'éclairage qui est assuré au moyen de 30 lampes à incandescence de 70 volts groupées par cinq en dérivation dans six ponts en tension.

Pour que la pomme puisse être utilisée aux niveaux 450 et 540, il suffira de transporter l'installation en allongeant les câbles et de changer le pignon en acier qui commande la dynamo du fond en rapprochant celle-ci de l'arbre des pompes. Le pignon qui, à l'étage 360, a 318 mm de diamètre et 27 dents aura,

à 450, 252 mm et 22 dents et, à 560, 210 mm et 18 dents. Le nombre de tours des pompes, qui à 360 est de 58, sera à 450 de 54,5 et à 540 de 45,5. Le travail fourni à la dynamo étant supposé constant, le débit, au lieu de 25 m^3 supposé à 360, sera de 20 m^3 à 450 et de 16,4 à 540.

Le prix de revient de l'installation se décompose ainsi :

Bâtiments et aqueducs	7 376
Machines à vapeur, électriques et pompes	49 297,50
Tuyauterie (à vapeur et de refoulement)	9 081,50
Chambre de la pompe, creusement, maçonnerie, fourniture	3 949
Main-d'œuvre d'installation intérieure.	1 469
Transports divers et déchargement . .	734
Fournitures diverses pour dynamos, câbles et colonne de refoulement . .	486
Courroie.	523
Total	72 916

L'introduction de l'électricité dans les mines pour la manœuvre des appareils, qui était entrée dans la pratique depuis dix ans en Amérique et qui a pris sa place en Angleterre, paraît prendre de l'importance sur le continent. Plusieurs installations de ce genre ont été faites en France. J. R.

Procédé de Cowper-Coles pour la galvanisation électrolytique des tubes de fer [1].

A plusieurs reprises nous avons indiqué dans ce journal les divers procédés imaginés par M. Cowper-Coles pour substituer l'électro-déposition du zinc à la galvanisation par immersion [2]. Une usine vient d'être installée pour l'application d'un récent procédé Cowper-Coles à la galvanisation des tubes de fer pour chaudières tubulaires et conduites d'eau ou de vapeur. Le nom de son propriétaire est Peter Brotherhood; quant à la localité où elle est située, notre confrère anglais oublie de la mentionner.

La particularité du nouveau procédé est la régénération de la solution de sulfate de zinc ayant servi à l'électrolyse. Une des difficultés de l'électro-déposition du zinc est, en effet, de maintenir la solution à un degré d'acidité convenable et dans un état de pureté assez grand pour qu'il n'y ait pas formation d'un dépôt spongieux. Or, quand on emploie des anodes en zinc, que ce zinc soit brut, laminé, amalgamé ou en grenailles, il est impossible de réaliser ces conditions. D'autre part, l'emploi d'anodes solubles entraîne nécessairement une augmentation de la main-d'œuvre par suite de la nécessité de remplacer ces anodes.

M. Cowper-Coles élimine la dernière difficulté en prenant des anodes en plomb. Il surmonte la première en faisant passer l'électrolyte sur de la poudre de zinc, poudre que l'on recueille dans les conduites d'échappement des gaz des fourneaux de fusion du zinc. Cette poudre de zinc ne renferme que très peu d'oxyde ; généralement elle contient 97 p. 100 de zinc métallique. On la mélange avec du coke ou du sable et l'on remplit à moitié de ce mélange des bacs cylindriques où une pompe rotative fait circuler les solutions venant des cuves à électrolyse. La poudre de zinc se dissout très facilement dans l'électrolyte acide ; ainsi il a été constaté qu'une solution contenant primitivement 12,59 gr d'acide sulfurique libre, n'en contenait plus que 0,68 après son passage sur un mélange renfermant 10 p. 100 de poudre de zinc. En outre la solution se trouve filtrée et par suite débarrassée de beaucoup d'impuretés par son passage dans les bacs de régénération.

A la sortie de ces bacs la solution est envoyée dans des récipients où la poudre de zinc entraînée se dépose. Cette opération est indispensable car il a été constaté que, contrairement à ce qu'on pourrait supposer, la présence de la poudre de zinc en suspension dans la solution augmente la ré-

---

[1] *Industries and Iron*, t. XXV, p. 268, 30 septembre 1898.

[2] *L'Éclairage Électrique*, t. III, p. 513 ; t. VII, p. 191 ; t. VIII, p. 173 ; t. IX, p. 319, et particulièrement t. XIII, p. 575, 18 décembre 1897.

sistance électrique de celle-ci et par conséquent la quantité d'énergie nécessaire à l'électro-déposition.

Après décantation la solution est envoyée dans les appareils d'électrolyse. Les figures 1 à 4 donnent deux coupes verticales et deux

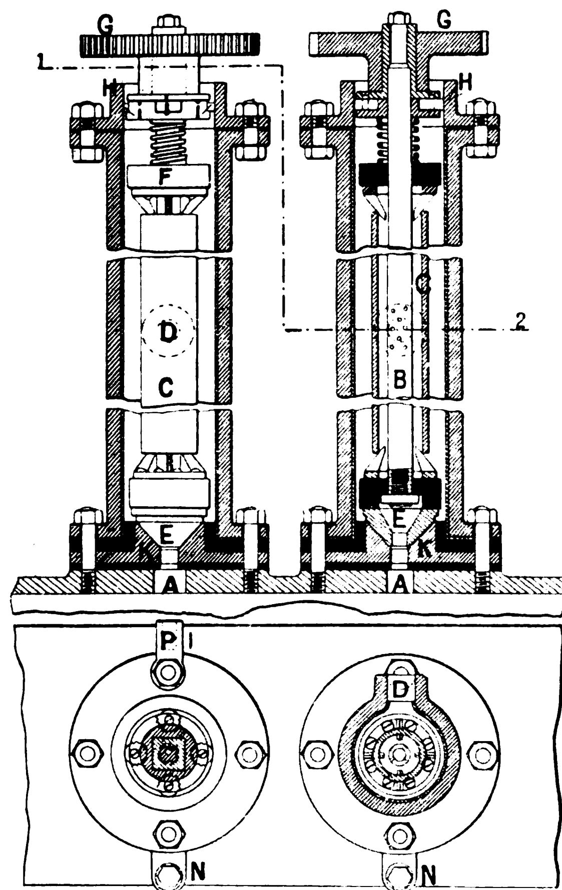


Fig. 1 à 4. — Coupes verticales; coupe horizontale par le plan 1; coupe horizontale par le plan 2.

coupes horizontales par des plans différents de ces appareils. Le liquide arrive en A, monte par le tube B, s'écoule par les trous que porte ce tube à la moitié de la hauteur, circule autour du tube de fer C à galvaniser et sort de l'appareil par le conduit D.

Le cylindre C à galvaniser est maintenu verticalement entre deux montures tournantes E et F munies de griffes ; un ressort en boudin presse la monture supérieure. Le cylindre creux B est mis en rotation par la roue dentée G et entraîne dans son mouvement les pièces E et F et le tube qu'elles maintiennent. L'anode est constituée par le cylindre B dont la surface est recouverte de plomb. Le courant y est amené par la borne P, la masse métallique de la partie supérieure H de la cuve électrolytique et les contacts roulants *i ;* des garnitures isolantes séparent G du reste de l'appareil et la monture F du cylindre B. Le courant sort de la cuve par la borne N, reliée au tube C à galvaniser par le fond K de l'appareil et les griffes de la monture inférieure E. J. B.

Électrolyse du zinc en solution de chlorure de zinc.

DES CONDITIONS A REMPLIR POUR AVOIR DES DÉPOTS COMPACTS EXEMPTS DE ZINC SPONGIEUX

Par F. Fœrster et O. Quinthier [1].

Les travaux qui ont été publiés sur l'électrolyse du zinc en solution de sulfate sont nombreux ; au contraire les études relatives à l'électrolyse du zinc en solution de chlorure se réduisent à fort peu de chose. Néanmoins l'électrolyse du chlorure de zinc présente un intérêt considérable pour la préparation électrométallurgique de ce métal. Aussi avons-nous entrepris une étude approfondie sur la préparation électrolytique du zinc en solution de chlorure, dans le but d'examiner les conditions à remplir pour avoir du métal d'aussi bonne qualité que possible. Nos essais ont été effectués avec des anodes solubles.

On sait que le gros obstacle que présente l'électrolyse du zinc, c'est la difficulté que l'on éprouve à obtenir du zinc en masses compactes. Le zinc se précipite généralement sous forme spongieuse [2]. Aussi avons-nous recherché les conditions nécessaires

---

[1] *Zeitschrift für Elektrochemie*, 9 juillet 1898. (Traduction in extenso.)

[2] Le zinc spongieux (éponge de zinc) ne peut pas, même si on le comprime préalablement, être réuni en masses compactes par pression ; il brûle en effet à la température de fusion du zinc (Schnabel *Métallurgie*, 2e vol., p. 191).

pour avoir du zinc compact exempt d'éponge.

Nous nous sommes servis pour nos essais de cuves rectangulaires en verre pouvant contenir 1 litre d'électrolyse. Dans ces cuves plongeaient deux anodes en zinc de Haute-Silésie (contenant comme impuretés 0,03 p. 100 de plomb et 0,05 de fer); nous avons enveloppé ces anodes de petits sacs en toiles à mailles peu serrées. Entre les deux anodes, une lame de zinc polie servait de cathode; sa surface totale s'élevait à 160-180 cm^2. Enfin pour remuer l'électrolye nous nous sommes servis du dispositif de Mylius et Fromm [1].

Nous avons entrepris une série d'essais en nous servant successivement : *a*) d'une *solution neutre de chlorure de zinc*, *b*) d'une *solution acide de cet électrolyte*, enfin d'une *solution basique*.

Nos expériences nous portent à croire que l'éponge de zinc est surtout due à la précipitation d'oxyde de zinc sur la cathode, précipitation qui, se faisant en même temps que le dépôt électrolytique du zinc, non seulement fait obstacle à celui-ci, mais lui donne cet aspect spongieux, noir, qui caractérise l'éponge de zinc.

a). *Electrolyse en solution neutre de chlorure de zinc*. — Si l'oxyde de zinc est le principal obstacle à la précipitation électrolytique du zinc, il semble que puisque cet oxyde est plus soluble dans le chlorure de zinc que dans le sulfate, l'électrolyse doit mieux réussir avec le premier de ces sels qu'avec le dernier. Voici ce qu'a donné un essai exécuté avec une densité de 1,4 ampère par dcm^2 de cathode et une solution de chlorure de zinc complètement neutre à 54,6 gr de zinc par litre :

Pendant les 6 ou 7 premières heures de l'électrolyse, le zinc obtenu était de très belle qualité, poli et gris clair. Après 20 heures environ, la solution s'est fortement troublée; il se précipitait du chlorure de zinc basique, et sur la cathode on voyait un abondant dépôt d'éponge de zinc. L'électrolyte contenait à ce moment 14 molécules de $Zn\,Cl^2$ et 1 molécule de $Zn\,O$. On a filtré le liquide et on l'a de nouveau soumis à l'électrolyse avec une cathode neuve. Au début, on a obtenu du zinc de belle qualité, mais après quelques heures, le liquide s'est de nouveau troublé et la cathode était recouverte d'une quantité importante d'éponge de zinc.

L'apparition simultanée du trouble de l'électrolyse et du précipité spongieux qui en est la conséquence paraît se produire quand la solution est saturée d'oxyde de zinc, parce qu'alors la formation d'une nouvelle quantité de cet oxyde ne peut plus rester en solution et provoque une précipitation de chlorure basique.

Nous avons essayé de détruire l'oxyde de zinc au fur et à mesure de sa formation au moyen de chlore gazeux; l'oxyde de zinc donne en effet, avec le chlore, de l'hypochlorite de zinc.

Ashcroft avait déjà dit que d'après ses expériences le chlore empêchait la production de zinc spongieux dans des solutions de chlorure de zinc contenant en même temps du sulfate de sodium [1]. Nos essais ne nous ont pas permis de vérifier ce fait. Au bout de quelques heures en effet, malgré la présence du chlore, nous avons eu du zinc spongieux.

Pour produire le chlore d'une façon régulière, nous nous sommes servi d'un dispositif dont s'était déjà servi Mylius dans un autre but. Nous donnons la description de ce dispositif, bien qu'il ne nous ait pas donné de bons résultats en solution neutre, parce qu'en solution acide il nous a donné, comme on le verra tout à l'heure, des résultats beaucoup plus heureux :

On dispose entre la cathode C et les deux anodes AA deux petites lames de platine *aa*, comme le montre la figure. Ces lames sont reliées au pôle + d'une source de courant *s*,

(1) *Zeitschr. für anorg. chem.*, t. IX, p. 160.

(1) SCHNABEL. *Métallurgie*, 2e vol., p. 196.

étrangère à la source principale S, le pôle — étant relié à la cathode de zinc; ces petites lames *aa* servent ainsi d'anodes et peuvent provoquer un dégagement de chlore.

L'action oxydante de l'électrolyte constitue certainement une des causes de l'insuccès de

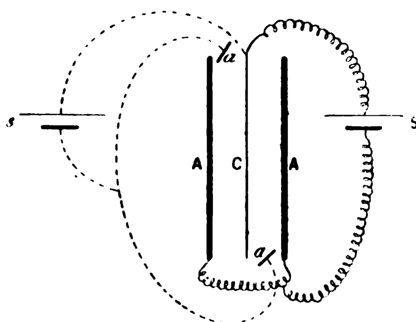


Fig. 1.

l'effet du chlore sur l'électrolyse. En effet le zinc en présence de la solution du chlorure de zinc et de l'air, s'oxyde fortement. Il en résulte que l'électrolyte ne tarde pas à être saturé d'oxyde de zinc; il se précipite alors du chlorure de zinc basique en même temps que le zinc se précipite à l'état d'éponge.

Par suite de ces essais infructueux nous avons abandonné l'usage des solutions neutres.

b). *Electrolyse en solution acide de chlorure de zinc.* — En présence d'une petite quantité d'acide chlorhydrique on a de très beaux dépôts de zinc, et cela aussi longtemps que la quantité d'acide est maintenue à la teneur convenable. La teneur la plus favorable varie de 1,5 gr à 1,8 gr de HCl par litre ; cependant elle peut descendre sans inconvénient jusqu'à 0,18 gr de HCl par litre et monter à 3,6 gr.

Avec une concentration plus forte le dégagement d'hydrogène devient très abondant, cet l'hydrogène se fixe alors sur la cathode à l'état de bulles adhérentes ; le dépôt de zinc devient alors irrégulier et les aspérités qui le recouvrent peuvent, malgré le mouvement énergique qu'on imprime à l'électrolyte, localiser de petites quantités de liquide; celles-ci ne tardent pas à devenir neutres ou basiques, ce qui provoque la formation de l'éponge de zinc.

Nous avons réussi à diminuer considérablement ce dégagement d'hydrogène, sans toutefois le faire disparaître complètement en introduisant du chlore dans l'électrolyte d'une façon régulière par le procédé ci-dessus mentionné ; nous avons évité ainsi toute production d'éponge de zinc, même pour des teneurs en acides un peu fortes. Une intensité de 0,1 à 0,2 ampère dans le circuit des anodes en platine nous a paru particulièrement efficace ; elle correspond à une production maxima de 0,2 gr Cl par heure.

Il est nécessaire de doser de temps en temps l'acide du bain de façon à pouvoir en rajouter au besoin la quantité nécessaire pour maintenir la teneur entre les limites que nous venons d'indiquer.

Cette acidité tend, en effet, constamment à disparaître par suite de la dissolution du zinc et par suite de la formation de l'oxyde de zinc.

En maintenant ainsi la teneur en acide tout en produisant constamment du chlore, nous avons obtenu d'excellents dépôts. Avec une densité de 1,8 à 1,9 ampère par décimètre carré, nous avons déposé sur une surface de cathode de 160 cm^2 jusqu'à 380 grammes de zinc de très belle qualité.

c). *Electrolyse en solution basique de chlorure de zinc.* — Nous avons essayé d'effectuer l'électrolyse en solution de chlorure de zinc concentrée et chaude, contenant de l'oxyde de zinc; nous voulions ainsi voir si à une température et à une concentration plus élevées que dans les essais précédents, la solubilité de l'oxyde de zinc dans l'électrolyte devenait assez grande pour que toute précipitation de chlorure basique fût rendue impossible.

Notre bain contenait une quantité de chlorure de zinc correspondant à 150 gr de zinc et 157,7 gr de chlore, plus 4,82 gr de zinc à l'état d'oxyde pour 1 litre de liquide ; nos anodes étaient composées de zinc pur (zinc électroly-

tique); la température du bain fut maintenue à 60° et la densité du courant à 1,5 ampère par décimètre carré.

Le dépôt de zinc fut d'abord de belle qualité ; mais bientôt les bords se couvrirent de ramifications fines et longues mais ayant encore la couleur de zinc pur ; et au bout de vingt-quatre heures, ces ramifications recouvraient toute la plaque. Au cours de l'essai, la solution devenait toujours plus alcaline et finalement elle s'est troublée.

Ces essais, en solution basique, ont donc été infructueux.

En résumé, *seules les solutions de chlorure dans lesquelles on maintient une faible teneur en acide chlorhydrique peuvent donner de bons dépôts, surtout si on provoque* (par l'artifice que nous avons indiqué) *un dégagement régulier de chlore au sein de l'électrolyte.*

Aux causes qui provoquent la formation de zinc spongieux et que nous avons déjà mentionnées, nous ajouterons encore les suivantes :

Le zinc se précipite à l'état spongieux lorsque la pureté de l'électrolyte est fortement altérée par les métaux étrangers. Une agitation trop peu vive de l'électrolyte peut également provoquer l'éponge par suite de l'hétérogénéité du bain ; une agitation très énergique est donc nécessaire pour maintenir le bain homogène.

Il est à noter que quand le zinc spongieux s'est formé à un endroit, il s'étend généralement rapidement sur le reste de la cathode, par suite de l'appauvrissement continu du bain en chlorure de zinc.

Faisons enfin remarquer, avec Nahnsen, et cette remarque s'applique à toutes les électrolyses, que la surface des électrodes exerce une grande influence sur le choix de la densité moyenne du courant. Une densité moyenne, qui convient pour des électrodes à grandes surfaces ne convient plus pour des électrodes à surfaces plus petites, parce qu'alors l'influence des bords devient plus grande que pour les premières ; sur les bords en effet, la densité du courant est beaucoup plus grande que sur tout le reste de l'électrode Il en résulte que tandis que pour une grande électrode la densité moyenne du courant est à peu près égale à la densité du courant sur la surface plane ; pour une petite électrode, au contraire, la densité moyenne du courant est beaucoup plus grand que sur sa surface plane par suite de l'influence très appréciable des bords.

A. Ho.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 novembre 1898.

M. Rochefort présente d'abord deux interrupteurs :

1° *Interrupteur à mouvement rectiligne par guide liquide.* — Le mouvement est entretenu à l'aide d'un électro-aimant (fig. 1) ; quand l'armature est relevée, comme l'indique la figure, le contact s'établit entre deux pointes de platine, visibles en haut et à gauche, qui sont portées par les deux mâchoires d'une pince flexible ; le courant est rompu quand l'armature se rapproche de l'électro-aimant. On fait varier l'amplitude des oscillations en déplaçant, au moyen de la vis qui s'enfonce dans la colonne de gauche, la lame qui porte le contact inférieur ; la période se règle au moyen d'un cylindre mobile sur une tige horizontale ; en supprimant ce cylindre on peut obtenir 8 000 à 9 000 oscillations par seconde.

La ligne horizontale de cuivre que prolonge l'armature est reliée à la lame verticale qui plonge dans le mercure par l'intermédiaire d'un flexible, constitué par plusieurs

feuilles de clinquant ; on constate, dès que la vibration devient un peu rapide, que la lame, guidée par le mercure, se déplace rigoureusement dans son plan sans causer aucune projection. Cette application du lien élastique est très intéressante.

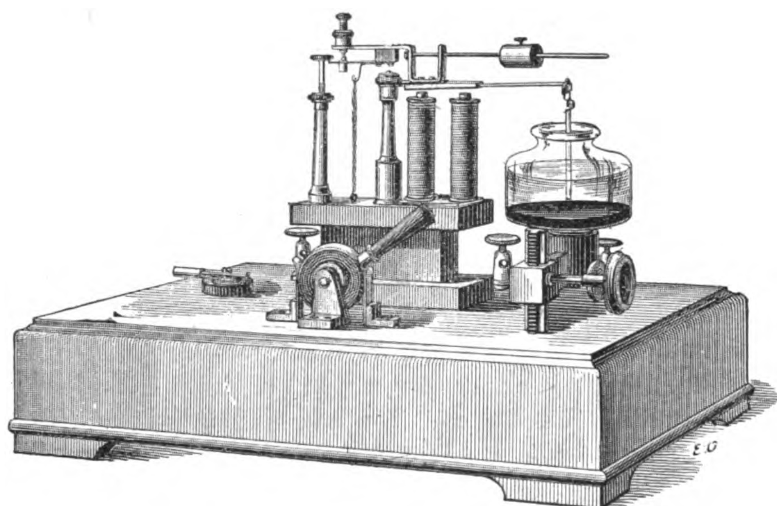


Fig. 1. — Interrupteur oscillant, système Widts-Rochefort, à mouvement rectiligne par guide liquide.

La puissance absorbée par le trembleur est celle de 0,3 ampère sous 6 volts.

2° *Interrupteurs rotatifs.* — Dans ces appareils la tige de cuivre rouge verticale est fixée à l'extrémité d'un support d'aluminium ; ce support coulisse en deux glissières d'acier ; il est commandé par une bielle qui l'attaque en son milieu. M. Rochefort construit avec ce dispositif un *interrupteur à mercure* (fig. 2), et un *interrupteur à contact métallique*, cuivre sur cuivre, dans le pétrole.

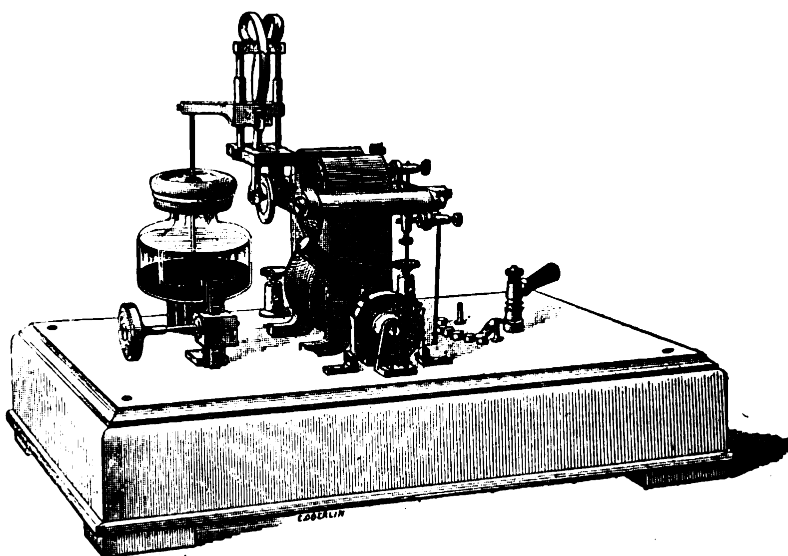


Fig. 2. — Interrupteur rotatif à mercure, système Widts et Rochefort.

M. Rochefort présente ensuite un *transformateur de grande puissance*, du type décrit dans la séance du 6 mai, donnant 45 cm d'étincelles avec 12 volts et 6 ampères. Il expose quelques propriétés de ces transformateurs à un ou plusieurs enroulements.

Les transformateurs à un seul enroulement sont dissymétriques ; l'étincelle qui jaillit entre une tige reliée à la terre et l'un des pôles est environ dix fois plus grande pour le pôle relié à l'extrémité du fil située sur la périphérie de la bobine secondaire ; le résultat est indépendant du sens du courant primaire. Il semble qu'il y ait quelque avantage à réunir au sol le pôle de faible tension ; on évite les étincelles qui jaillissent alors du primaire en le reliant lui-même à la terre. Dans ces conditions le transformateur est dit unipolaire.

Un tube de Crookes peut fonctionner avec un pôle à la terre et l'autre relié au pôle transformateur unipolaire ; un tube dur, dans ces conditions devient plus mou.

Si l'on accouple deux transformateurs égaux avec les primaires en série, de façon que les pôles de faible potentiel des deux

secondaires soient de noms contraires et si on réunit ces deux pôles on pourra obtenir entre les deux autres une étincelle double de celle que donne chaque transformateur. Le potentiel du pôle commun des secondaires, qui est le plus voisin des primaires, est nul; il n'y a donc pas à redouter que l'isolant soit percé par une étincelle. Il n'en serait pas de même avec des transformateurs symétriques; au milieu de chacun des secondaires, qui est précisément au voisinage du primaire, le potentiel est élevé.

M. Pellat rappelle que les anciennes bobines de Ruhmkorff non cloisonnées présentaient des effets dissymétriques; la capacité d'un élément du fil secondaire est beaucoup plus grande au voisinage du primaire et par suite son potentiel moins élevé, puisque les quantités d'électricité de signe contraire mises en jeu sont égales.

M. H. Le Chatelier présente un modèle de *galvanomètre pour usines*.

Le galvanomètre à cadre mobile, que l'on doit préférer pour les usages industriels, n'est pas exempt d'inconvénients; les chocs d'un marteau-pilon ou les trépidations d'un laminoir voisin lui communiquent des oscillations considérables; le zéro se déplace, si l'appareil n'est pas bien calé; il suffit d'un courant d'air pour changer l'état hygrométrique du bois du support et amener un mouvement du cadre. On a cherché à éviter ces inconvénients en ne suspendant le cadre que par un seul fil; la difficulté est alors de faire sortir le courant par un second fil libre. Si ce fil plonge dans du mercure, le contact est mauvais avec du platine; avec un métal qui s'amalgame il y a rapidement oxydation, sauf dans le cas de l'or; le mercure reste liquide, mais une poussière suffit à supprimer la mobilité. On a aussi employé un fil enroulé en spirale autour du fil de suspension; les moindres inégalités dans le rayonnement extérieur impriment des torsions qui peuvent déplacer le zéro de quantités correspondant à 200 ou 300°. M. Le Chatelier s'est arrêté au choix d'un second fil lâche qui a 1 ou 2 cm de longueur de plus que le fil de suspension. Ce dernier fil a 30 cm environ; on peut lui donner un diamètre de 0,1 mm, ce qui le rend facile à souder et à remplacer à l'usine même. Le cadre porte une grande aiguille; la division est tracée sur métal; il suffit d'une très petite flamme placée sur l'axe pour qu'on puisse observer par réflexion; une déviation de 60° correspond à une variation de température de 1 000 degrés. L'appareil présenté a été construit par M. Pellin.

M. Broca présente, au nom de M. Blondel, les photographies obtenues au moyen d'un *oscillographe double*.

M. Blondel photographie simultanément les courbes fournies par deux oscillographes fonctionnant l'un comme ampèremètre, l'autre comme voltmètre, et compare les deux tracés. Avec un arc jaillissant entre deux charbons durs, reliés aux bornes du secteur par une résistance sans induction, on voit les phénomènes d'extinction bien connus; M. Blondel a réussi à photographier simultanément les courbes de force électromotrice aux bornes du secteur avec un arc et sans arc; on voit les deux courbes se recouvrir exactement dans la région où l'intensité du courant est nulle. Dans certains cas il semble y avoir un retard de la force électromotrice sur l'intensité qui indiquerait l'existence d'une polarisation. L'intercalation d'une self-induction amène également un retard. Enfin M. Blondel a constaté qu'avec des charbons à mèche, les courbes d'intensité et de force électromotrice tendent à se confondre; les vapeurs de silicates qui se forment jouent presque exactement le rôle d'une résistance métallique; l'extinction est supprimée et on voit clairement la cause de la supériorité du rendement lumineux d'un arc fourni par ces charbons.

C. R.

BIBLIOGRAPHIE

Les dynamos à courant continu, par J. Fischer-Hinnen, ancien chef d'études aux ateliers d'Oerlikon (Suisse). 1 vol. in-8° de xiv-441 pages, avec 300 gravures dans le texte et 4 planches hors texte. — Paris, 1898, *J. Fritsch*, éditeur. Prix. 3 fr.

Les électriciens français qui ne connaissent pas l'allemand, — malheureusement trop nombreux, — désiraient depuis longtemps avoir une traduction de l'ouvrage de M. Fischer-Hinnen, qui a eu rapidement, en Allemagne, quatre éditions. Ce desideratum vient d'être rempli : le traducteur a suivi de près le texte original, que l'auteur a corrigé et complété pour adapter l'édition française à nos méthodes.

Dans le premier chapitre, il expose rapidement les lois de l'électro-magnétisme et de l'induction ainsi que les conséquences relatives aux principes de contruction des dynamos. Il aborde directement ensuite, dans les chapitres II et III, le calcul des induits et des inducteurs. Les différents genres d'enroulement pour machines bipolaires et multipolaires, les pertes d'origines mécanique et électrique, les méthodes de calcul des dimensions et des enroulements de dynamos devant satisfaire à des conditions déterminées; la transformation d'enroulements exécutés ; les procédés d'accouplement et de réglage, etc., y sont étudiés en détail. Le chapitre III est consacré à la détermination expérimentale de la perméabilité par la méthode d'Hopkinson et par celle de M. Fischer; un tableau donne les courbes d'aimantation des principaux matériaux employés pour la construction des dynamos et des moteurs (fers, fontes, aciers) et complète ainsi les renseignements nécessaires pour le calcul électrique des dynamos. Le chapitre VIII traite du calcul des éléments mécaniques des machines, — arbres, paliers, poulies et courroies, — lanternes d'induits, commutateurs, frettes, balais et porte-balais, bâtis des inducteurs, bobines des inducteurs, bornes de prise de courant, tendeurs pour courroies, etc., et le chapitre X des poids, dimensions et prix des dynamos. Les renseignements contenus dans ces deux chapitres seront très appréciés des constructeurs et des ingénieurs ; on les chercherait en vain dans un autre ouvrage que celui-ci. L'auteur s'est donné pour but en écrivant cet ouvrage, de faciliter la tâche des dessinateurs industriels — auxquels il dédie son travail — et il a été ainsi conduit à ne négliger aucun détail pratique et à exposer avec clarté et méthode tous les points de son vaste sujet. Les formules y sont bien développées et elles sont ensuite appliquées à des exemples tirés de la pratique, et donnés sous forme de problèmes; de nombreux tableaux et des courbes en facilitent l'application.

Les chapitres VII et IX sont consacrés à l'étude et à la description des différents types de dynamos, pour usages courants ou pour emplois spéciaux (éclairage à arc, distributions à trois fils). Les chapitres V et VI sont le développement des articles publiés par M. Fischer-Hinnen, dans *L'Éclairage Électrique* sur la solution par la méthode graphique de quelques problèmes pratiques et sur le décalage des balais et la production des étincelles dans les machines à courant continu.

En résumé, ce volume est un des meilleurs, sinon le meilleur des ouvrages qui aient été publiés sur les machines dynamos à courant continu.

G. Pellissier.

Il tram elettrico (les tramways électriques), par Ferruccio Niccolini. 1 vol. petit in-8° de XII-206 pages, avec 71 fig. dans le texte. Livourne, 1898, *R. Giusti*, éditeur ; prix, 1,50 lire.

Dans ce petit ouvrage sans prétentions, l'auteur suppose que ses lecteurs ignorent les premiers mots de l'électricité, car, dans une première partie, qui forme plus du tiers de l'ouvrage, il les initie aux phénomènes électriques et à leurs lois principales, en commençant par l'électrisation du frottement. Pourtant dans la troisième partie, il publie des instructions détaillées sur la conduite des dynamos, des voitures, puis un résumé des éléments de calcul d'un projet de traction, les dimensions et poids des appareils, etc., tous détails qui d'ordinaire intéressent peu le public auquel s'adressent les ouvrages de vulgarisation. En outre, le texte, tout en restant élémentaire, est plutôt théorique ; les dessins sont des schémas. Quelques vues d'ensemble auraient été nécessaires. Nous craignons fort que ce petit livre, bien que ne contenant rien de mauvais, ne

réponde pas au but de l'auteur, car une personne ignorante de l'électricité aura peine à suivre avec profit la leçon qui lui est donnée et à « pouvoir parler » des tramways électriques, objet principal des ouvrages s'adressant à cette classe de lecteurs. D'un autre côté l'ouvrage est trop élémentaire et trop peu détaillé pour être utile à ceux qui désirent approfondir cette question. G. P.

CHRONIQUE

Sur la mesure des températures au moyen du couple thermoélectrique fer-constantan. — Dans le numéro du mois d'août dernier des *Archives des Sciences physiques et naturelles*, M. Edm. VAN AUBEL publie la note suivante sur ce sujet:

M. le professeur-docteur H. Rubens a décrit récemment dans *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, t. XVIII, p. 65, 1898, une pile thermoélectrique très sensible qui peut servir avantageusement dans les études de la chaleur rayonnante et basée sur l'emploi du couple thermoélectrique fer-constantan.

M. le professeur-docteur Paul Czermak (*Zeitschrift für Instrumentenkunde*, t. XVIII, p. 135 et 137; 1898) a rappelé dans la même revue les recherches qui ont été faites antérieurement sur ce couple et M. Rubens (*idem*) a complété cet exposé bibliographique, en établissant la part incontestable qui lui revient.

Je crois utile de mentionner ici quelques travaux qui ont été publiés sur la graduation du couple fer-constantan, c'est-à-dire sur l'étude de la variation de la force électromotrice thermoélectrique avec la température.

M. V. Fuchs (*Ueber das thermoelektrische Verhalten eininger Nickel-Kupfer Legierungen*, Graz, 1893) a entrepris cette étude en maintenant entre les températures des deux soudures les différences suivantes:

Température de la chambre (15° à 20°) et 0° (glace fondante),

Température d'ébullition de l'alcool (77°) et température de la chambre;

Température d'ébullition de l'eau (98°) et température de la chambre;

Température d'ébullition du xylol (137°) et température de la chambre;

Température d'ébullition de l'aniline (180°) et température de la chambre;

Température d'ébullition du nitrobenzol (205°) et température de la chambre.

A la 77° session de la *Société helvétique des sciences naturelles*, réunie à Schaffhouse, au mois d'août 1894, M. A. Kleiner (*Arch. des sc. phys. et nat.*, Genève, 3° période, t. XXXII, p. 280; 1894) a rendu compte des expériences qu'il avait faites dans la même voie. La soudure chaude était placée dans un bain d'huile porté successivement à 360°, tandis que la soudure froide était maintenue à la température constante de la chambre.

Les résultats des mesures ont été traduits par des courbes dans lesquelles les abscisses représentent les différences de température des soudures et les ordonnées les forces électromotrices correspondant aux courants engendrés.

La courbe constantan-fer se confond presque avec une droite. Malheureusement un résumé seulement des intéressantes recherches du physicien suisse a été publié.

A l'occasion d'une étude de la conductibilité thermique des alliages, j'ai repris (*Arch. des sc. phys. et nat.*, Genève, 3° période, t. XXXIII, p. 148; 1895, *L'Éclairage Électrique*, t. III, p. 375) la graduation du couple fer-constantan entre 0° et 100°, en faisant les mesures pour un plus grand nombre de températures. Mes résultats montrent que, pour ce couple, la courbe des forces électromotrices thermoélectriques se rapproche beaucoup d'une ligne droite et peut être considérée comme une droite entre certains intervalles de température.

MM. L. Holborn et W. Wien (*Wied. Ann.*, t. LIX, p. 213; 1896) ont utilisé le couple fer-constantan pour la mesure des basses températures et notamment des points de fusion de quelques liquides organiques.

Enfin, tout récemment, M. L. Troost (*Comptes rendus*, 20 juin 1898, p. 1751) s'est servi du même couple pour la détermination du point d'ébullition de l'ozone liquide.

La station centrale de Folkestone (Angleterre). — Bien qu'à l'état de projet depuis 1885, la question

de l'éclairage électrique de Folkestone n'a été définitivement résolue qu'en novembre 1897, date à laquelle on a commencé l'érection de la station centrale qui fut inaugurée tout récemment.

Les dimensions de cette usine permettront d'augmenter le matériel générateur actuel dans de grandes proportions. Ce matériel comprend trois chaudières Davey-Paxman alimentant trois moteurs à vapeur Peache : un de 246 et deux de 120 chevaux accouplés à des dynamos Parker de 380 et 160 ampères à 420-460 volts.

Les chaudières sont du type « Economic », pourvues de foyers Meldrum à tirage artificiel et d'un appareil de chauffage et de détartrisation des eaux d'alimentation. Ce dernier a été préféré à un économiseur, bien que ne réalisant pas les mêmes avantages au point de vue du chauffage de l'eau, en raison de ce que l'eau fournie aux chaudières est trop chargée de calcaire et autres impuretés pour être employée directement. Les pompes Worthington qui servaient en premier lieu à l'alimentation des chaudières ont été depuis peu remplacées par des pompes à pistons Hayward et Tyler entrainées par des moteurs électriques Parker, à enroulement shunt. La disposition des appareils de commutation de ces moteurs permet d'en obtenir deux vitesses avec 210 ou 420 volts.

Les moteurs à vapeur sont à simple action. Les dynamos qu'ils entrainent par des couplages directs sont du type bipolaire ; les induits sont enroulés suivant la méthode Eickmeyer.

Le matériel électrique comprend également un survolteur, un compensateur de charge et une batterie d'accumulateurs de 230 éléments, type D.-P., pouvant fournir 80 ampères pendant huit heures ou 119 ampères pendant quatre heures.

Le tableau de distribution où sont groupés les nombreux commutateurs servant tant au réglage des dynamos qu'à la répartition du courant est pourvu des appareils de sûreté et de mesure les plus perfectionnés ; les ampèremètres et les voltmètres statiques exclusivement employés sont du modèle de lord Kelvin. Le courant de chaque dynamo est mesuré par un compteur Thomson-Houston et celui fourni aux accumulateurs traverse un compteur Aron muni d'un dispositif spécial Miller pour faciliter la lecture.

La distribution du courant se fait à 210 volts aux lampes des abonnés. Seules les lampes à arc sont montées en séries de huit chacune sur un circuit spécial à 420 volts. Tous les câbles du réseau sont du type Callender, à gaine de plomb et armés. Ils sont posés dans des tranchées et simplement protégés contre la pioche des ouvriers par des planches enduites de coaltar.

L'éclairage des rues est assuré par 68 lampes à arc Johnson et Phillips de 10 ampères. Ces lampes peuvent fournir de la lumière pendant quatorze heures consécutives avec deux charbons seulement. On les éteint tous les soirs à onze heures et demie pour les remplacer par deux lampes à incandescence de 25 bougies chacune montées sur le même pylône. Cette manœuvre s'opère à l'aide des appareils contenus dans la base de 5 des pylônes, lesquels sont convenablement reliés et espacés pour permettre une substitution rapide des lampes à incandescence à celles à arc, U.

Transmission de l'énergie électrique à distance sans conducteurs. — Dans notre précédente chronique nous signalions une nouvelle invention de Tesla. En voici une autre qui nous est annoncée, cette fois, par les journaux scientifiques.

On sait que la résistance électrique de l'air diminue tout d'abord quand la pression diminue, qu'elle passe par un minimum pour une pression de l'ordre du dizième de millimètre de mercure et qu'elle redevient très grande pour un vide plus avancé. Il existe donc dans les hautes régions de notre atmosphère une couche relativement bonne conductrice de l'électricité située entre des couches plus résistantes. M. Tesla se propose d'utiliser cette couche conductrice comme conducteur pour la transmission de l'énergie à distance, l'autre conducteur étant constitué par la terre.

Nous ne voyons pas très bien comment cette propriété de l'air pourrait être mise pratiquement à profit, d'autant plus que M. Tesla dit qu'il ne sera pas nécessaire de faire parvenir le flux électrique jusqu'à la couche de conductibilité maximum, dont la distance à la terre est énorme comme il est facile de s'en assurer par le calcul. Néanmoins un brevet a été pris à ce sujet et *The Electrical Review* de New-York nous donne en détails la description de l'appareil imaginé par Tesla pour utiliser cette idée. Cet appareil se compose d'un transformateur donnant entre ses pôles une différence de potentiel de plusieurs millions de volts. L'un des pôles est au sol, l'autre relié à un ballon dont la surface est rendue conductrice. Un appareil identique est placé aux deux stations, génératrice et réceptrice.

La transmission s'effectue, est-il dit explicitement, non par oscillations, mais par conduction.

Cette nouvelle invention de Tesla nous paraît, encore plus que celle dont il est question dans la chronique précédente, fort éloignée de sa mise en pratique.

Malgré l'autorité de la source d'où nous lisons ces renseignements, nous croyons donc inutile d'insister plus longuement sur ce moyen de transmettre l'énergie; nous y reviendrons plus tard..., s'il y a lieu.

Le tramway électrique Gratz-Maria-Trost. — Gratz, la cité la plus importante du duché de Steiermark, possédait seulement, nous dit le *Street Railway Journal*, une ligne de tramway à traction animale, d'une longueur totale de 22,758 km dont 10,875 km en ville. Une nouvelle ligne à traction électrique a été récemment installée reliant Gratz à Maria-Trost. En même temps la traction animale, sur l'ancienne ligne, va faire place à la traction électrique. La construction a été dernièrement commencée et la ligne sera terminée vers le mois d'avril 1899.

La ligne de Gratz à Maria-Trost est à voie simple et a une longueur de 5,200 km, une largeur de 1 m et une pente maximum de 3,9 p. 100. Il y a beaucoup de courbes ayant un rayon inférieur à 50 m. Dans la ville un rail à rainure est en usage; en dehors le rail Vignole est employé. Le système à conducteur aérien et retour du courant par les rails a été adopté. Le fil aérien est supporté dans la ville par des potences Mannesmann avec fût ornementé et sur la ligne suburbaine ce sont des poteaux de bois avec fût en fer qui sont employés. L'usine génératrice est située dans la magnifique vallée de Foelling non loin de l'église de Maria-Trost, objectif de beaucoup de pèlerinages. Elle contient deux générateurs Thury à enroulement compound, et à six pôles, donnant 135 ampères à 600 volts pour une vitesse angulaire de 450 tours par minute. Le courant est délivré aux feeders à 450 volts au moyen d'un régulateur automatique de potentiel système Thury

Le matériel roulant consiste en 8 voitures motrices et 4 remorques, et 3 voitures à charbon. Les voitures de voyageurs ont été fournies par Johann Weitzer, de Gratz. Chacune contient deux sièges longitudinaux, donnant place à 14 personnes; avec la plate-forme la voiture peut contenir 28 passagers.

Les voitures ont 2 moteurs de 20 chevaux chacun avec un rapport de transmission de 41 à 9. La vitesse des moteurs est réglée par des rhéostats. Des freins à mains et des freins électriques sont en usage.

L'usine a été installée par la Société de l'Industrie électrique de Genève. Les machines à vapeur ont été fournies par les ateliers Andritz. Elles sont à grande vitesse, du type compound de 139 chevaux chacune. Les dimensions du cylindre sont 0,280 m et 0,400 m sur 0,220 m; les machines font 220 tours par minute et sont accouplées aux génératrices par un manchon élastique.

La vapeur est produite par deux chaudières Durr, Gehre et Cie, de Modling, ayant chacune une surface de chauffe de 91 m^2 et donnant la vapeur à une pression de 12,5 atmosphères. On a installé des appareils surchauffeurs Kausch de 23 m^2 de surface chauffante, qui portent la température de 185 à 250° centigrades.

La voie construite par Franz Andrea, de Gratz, a été terminée en l'espace de 10 mois, en dépit de beaucoup d'obstacles. La mise en circulation a eu lieu le 29 janvier dernier; le service commence à 6 heures du matin et finit à 10 heures du soir. Le prix des places est basé sur le système des zones, variant de 3 kreuzers à 18 kreuzers selon la distance parcourue. A.

Télescripteur Hoffmann. — Le mouvement de l'axe de la roue du télescripteur Hoffmann est produit au moyen d'une roue à dents de scie, par un petit loquet qui fait partie de l'armature polarisée d'un électro-aimant. Celui-ci est parcouru alternativement par des courants contraires grâce aux mouvements successifs d'un commutateur, relié à l'armature d'un second électro-aimant.

Le deuxième électro est en circuit avec la ligne et un bras monté sur l'axe de la roue et dont l'extrémité frotte sur une série de secteurs métalliques disposés circulairement et qui, à l'état normal, sont alternativement à la terre et isolés. En appuyant sur des touches correspondantes, on change la liaison d'un quelconque de ces secteurs. Le mouvement du bras ouvre et ferme successivement le circuit du deuxième électro tant que les secteurs sont à l'état normal, et par suite il fait agir au moyen du premier électro le petit loquet de marche. Mais, quand deux secteurs successifs sont

par l'abaissement d'une touche également reliés à la terre, ou isolés, le circuit du deuxième électro reste pendant le passage ouvert ou fermé, et le mouvement s'arrête. Pendant cet arrêt, la petite roue qui produit l'impression, est soulevée par l'action d'un électro-aimant en circuit avec celui qui fait marcher l'axe, lequel n'a pas d'action sur l'armature tant que les courants alternativement de sens opposés ne cessent pas de le parcourir rapidement.

Cette armature, en se soulevant, ferme un circuit local qui actionne un électro-aimant pour l'avancement de la bande de papier. Une clef est disposée de façon que l'électro-aimant de la ligne soit parcouru par le courant toujours dans le même sens, que l'appareil agisse comme transmetteur ou comme récepteur. Une autre clef permet de changer le sens du courant transmis. Ce renversement du courant sert à obtenir la synchronisation des deux appareils. A cet effet, deux autres secteurs isolés mis en communication entre eux par une brosse montée isolément sur un bras tournant, sont disposés en correspondance avec un quelconque des secteurs reliés à la terre.

Ce double contact produit la fermeture d'un circuit qui sert à polariser l'armature de l'électro-aimant de ligne dans un sens tel qu'elle ne soit plus attirée quand l'électro est parcouru par le courant renversé. En renversant momentanément le courant du transmetteur, on arrête donc en correspondance du double contact, le bras de cet appareil qui se trouve en avant par rapport à l'autre.

Si c'est le bras du récepteur que l'on arrête d'abord, celui du transmetteur continue à fonctionner tant qu'il n'est pas porté sur le même contact. Si c'est le bras du transmetteur que l'on arrête, alors les variations de courant qui font agir le récepteur cessent et celui-ci s'arrête. Si alors, en manœuvrant la clé, on redresse le courant du transmetteur, les bras des deux appareils avancent ensemble, et, si on la renverse rapidement à nouveau, le bras du récepteur s'arrête sur le double contact, tant que celui du transmetteur n'a pas atteint la même position. G.

Sur la production par électrolyse du tungstène cristallisé. — M. Moissan a montré que l'on pouvait, au moyen du four électrique, obtenir de grandes quantités de tungstène fondu et d'une pureté absolue (*Écl. Élect.*, t. VIII, p. 182, 1896). Zettnow avait obtenu autrefois du tungstène métallique par l'électrolyse du tungstate de sodium fondu, mais ce tungstène était noir et pulvérulent.

M. L.-A. Hallopeau, en prenant du tungstate de lithium, est parvenu à obtenir ce métal cristallisé.

Voici comment, dans une récente note à l'Académie des Sciences (*C. R.*, t. CXXVII, p. 755), il décrit le mode d'opérer et les résultats obtenus :

» Du paratungstate de lithium, fondu dans un creuset en porcelaine et porté à une température d'environ 1000°, a été soumis pendant trois heures à l'action d'un courant électrique de 3 ampères et 15 volts ; les électrodes étaient en platine. La masse fondue a été traitée successivement par l'eau bouillante, l'acide chlorhydrique concentré et une solution bouillante de lithine à environ 20 p. 100 ; après un dernier lavage à l'eau chaude, il reste une substance nettement cristallisée. C'est du tungstène mélangé avec une certaine quantité de platine (jusqu'à 6 p. 100) ; la platine provient des électrodes, qui sont attaquées par la lithine fondue.

» Le tungstène ainsi obtenu se présente en cristaux opaques, doués d'un bel éclat métallique, et d'apparence prismatique. Le plus souvent ces cristaux affectent la forme d'aiguilles, qui ont quelque analogie avec les aiguilles de silicium ; elles pourraient bien être dues à des empilements d'octaèdres, comme dans le cas du silicium.

» Pour analyser cette substance, il suffit de la soumettre à l'action d'un courant d'oxygène au rouge, de façon à brûler tout le tungstène, qui se transforme en acide tungstique. Le produit de l'oxydation est ensuite fondu avec du carbonate de soude. On redissout dans l'eau la masse fondue, et l'on filtre pour séparer le platine ; dans la liqueur filtrée, l'acide tungstique est précipité à l'état de tungstate mercureux. Comme vérification, l'augmentation de poids résultant de l'oxydation de la matière dans l'oxygène doit être égale au poids théorique d'oxygène nécessaire pour transformer en acide tungstique le tungstène qu'elle renferme. Cette méthode permet d'analyser rapidement tous les produits de réduction des tungstates acides, oxydes de tungstène et tungstates tungsto-alcalins. »

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. **Samedi 10 Décembre 1898** **6e Année. — N° 50.**

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE PAR LES COURANTS ALTERNATIFS

BUT DE CETTE ÉTUDE

L'emploi des courants alternatifs se propage rapidement dans l'industrie; cette faveur tient à la simplicité des appareils qui les produisent, transforment ou utilisent. Cependant, beaucoup d'électriciens leur préfèrent encore les courants continus, disant que ces derniers permettent d'obtenir les mêmes résultats, avec plus de sécurité et moyennant une moindre dépense de matériel. Le fonctionnement des organes de commutation est, d'ailleurs, devenu si parfait, que leur suppression n'offre plus grand intérêt.

C'est que les avantages des courants alternatifs sont au moins compensés en partie :

1° Par les inconvénients occasionnés par la capacité et par la self-induction de tout réseau de distribution et des appareils branchés sur lui ;

2° Par la nécessité de faire tourner synchroniquement les alternateurs qui doivent être accouplés au parallèle ;

3° Par l'impossibilité d'accoupler les alternateurs en série.

I. Sur un réseau qui a une capacité notable, on doit toujours s'attendre à des élévations de voltage imprévues et très dangereuses, dues soit à des phénomènes de résonnance, soit aux mouvements électriques oscillatoires, véritables extra-courants qui accompagnent chaque changement de régime. Heureusement, il est toujours facile de rendre négligeable la capacité d'un réseau, surtout en proscrivant d'une façon absolue l'em-

[1] Lorsque j'ai commencé cette étude, j'ai pu profiter de la collaboration active et dévouée de mon camarade et ami M. Hutin. Si, dans la suite, il fut appelé à de hautes fonctions qui absorbèrent presque tout son temps, et dut alors me laisser l'initiative des recherches à entreprendre, mais il n'a jamais cessé de les suivre et de m'aider de ses avis.

Nous avons trouvé, auprès de la Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité et de la Compagnie du chemin de fer du Nord le concours éclairé et bienveillant qui nous était nécessaire. M. Farcot aussi s'est intéressé à nos travaux.

Enfin, M. A. Potier a bien voulu nous encourager constamment et nous servir de guide. Nous ne saurions dire combien ce concours nous a été précieux.

Nous croyons que les méthodes que nous allons exposer sont originales, mais nous n'ignorons pas que nous avons été suivis de très près par d'autres électriciens, notamment en France par MM. Blondel et Boucherot. S'il nous arrivait, à notre insu, d'empiéter sur leur domaine, ils peuvent compter que nous réserverons le meilleur accueil à leurs réclamations. M. L.

ploi des câbles concentriques, lorsqu'ils doivent être parcourus par des courants de haute tension.

II. La self-induction est une cause générale de mauvaise utilisation des matériaux entrant dans la constitution de tous les appareils générateurs, transmetteurs et récepteurs.

Nous savons que l'alimentation d'un réseau de distribution à voltage constant exige qu'on lui fournisse des courants déwattés en même temps que des courants wattés. Or, les génératrices employées aujourd'hui se prêtent mal à la production des courants déwattés. Bien que les courants produits ne subissent aucune commutation, on a été amené à rendre leur réaction d'induit plus faible que celle des machines à courant continu, et cela au grand détriment de l'utilisation des matériaux entrant dans leur construction.

Le passage des courants déwattés a aussi pour effet d'amener un dégagement de chaleur supplémentaire dans les génératrices, lignes de transmission et transformateurs.

Enfin, les moteurs asynchrones, dont l'invention a tant contribué à la généralisation de l'emploi des courants alternatifs, demandent que leur entrefer soit très petit, non seulement pour que leur cos φ ait une valeur élevée, mais aussi pour que leurs fuites magnétiques soient très réduites. On sait que l'existence de ces fuites diminue considérablement la charge maxima que peut supporter un moteur de dimensions déterminées. Or, s'il est facile de donner un très petit entrefer à un petit moteur, cela devient impraticable avec un moteur de grandes dimensions.

III. Il est incontestable que l'obligation de faire tourner les alternateurs accouplés en parallèle soit une cause d'insécurité, la désynchronisation pouvant être amenée par des phénomènes de résonnance électro-mécanique impossibles à prévoir. Enfin, la mise sur réseau d'un alternateur est une opération d'autant plus délicate et qui nécessite d'autant plus de temps que l'on a affaire à un alternateur plus puissant.

IV. Tout le monde connaît le remarquable système de transport de force de M. Thury, au moyen de machines à courant continu et à intensité constante, montées en série, dans un circuit en forme de boucle. C'est celui qui donne le plus de sécurité dans l'emploi des courants de haute tension, puisque les points de la ligne entre lesquels sont développées des différences de potentiels élevées sont naturellement éloignés les uns des autres.

Il serait bien intéressant de pouvoir substituer un courant alternatif simple, d'intensité efficace constante, au courant continu. En effet, les moteurs récepteurs, ayant leur vitesse réglée par la fréquence du courant, n'auraient plus besoin d'être munis de régulateurs de vitesse spéciaux et assez compliqués comme les moteurs à courant continu que l'on monte en série. D'un autre côté, on pourrait toujours séparer complètement un appareil récepteur de la ligne de transport, en employant un transformateur intermédiaire.

Mais, pour qu'une pareille solution pùt être rendue industrielle, il faudrait pouvoir accoupler des alternateurs en série, sans s'imposer l'obligation de relier mécaniquement leurs axes.

Ces diverses raisons nous ont décidés à reprendre l'étude des divers problèmes relatifs à la production et à l'utilisation des courants alternatifs, en nous donnant pour but de doter ces courants des avantages des courants continus, tout en conservant ceux qui leur sont propres.

Nous pensons y être parvenus au moyen de divers procédés dont voici l'énumération et que nous nous proposons de décrire successivement :

1° Un système de compoundage des alternateurs à voltage constant qui permet de leur donner une réaction d'induit aussi grande que l'on veut, de manière à utiliser aussi bien que possible les matériaux qui entrent dans leur construction, tout en augmentant

leur faculté d'accouplement en parallèle avec d'autres alternateurs;

2° Un système pour faciliter la mise en parallèle des alternateurs et assurer la stabilité de leur synchronisme, basé sur l'emploi d'un écran magnétique logé dans les épanouissements polaires des inducteurs;

3° Un système de machines génératrices capables de fournir des courants en phase ou non avec les forces électromotrices dont elles sont le siège, susceptibles de travailler à voltage constant ou à intensité constante et, suivant les cas, de s'accoupler entre elles en parallèle ou en série, sans être assujetties à tourner synchroniquement;

4° Un système d'excitation des moteurs asynchrones permettant de leur donner les mêmes entrefers qu'aux moteurs synchrones et de rendre leur cos φ aussi voisin de l'unité que l'on veut ou même de le rendre négatif.

5° Comme on ne peut concevoir un système complet de distribution d'énergie par les courants alternatifs sans un procédé permettant de les transformer en courants continus, nous avons dû traiter cette question d'une manière spéciale. En même temps nous avons dû résoudre un problème que nous a posé M. Albert Sartiaux, pour l'éclairage des gares secondaires des chemins de fer du Nord, mais qui est susceptible des plus nombreuses applications et qui consiste à prendre du courant continu à basse tension au tableau d'une usine, à le transformer en courants alternatifs à haute tension et à opérer la transformation inverse au point d'arrivée.

PREMIÈRE PARTIE

COMPOUNDAGE DES ALTERNATEURS A VOLTAGE CONSTANT

I. Exposé de la question

On demande aux alternateurs de fournir un voltage très sensiblement constant, quelles que soient la grandeur, la nature et la brusquerie de leurs variations de débit, du moment qu'on les fait tourner avec une vitesse constante.

On s'est généralement proposé d'obtenir ce résultat sans faire varier l'intensité du courant d'excitation. Aussi n'a-t-on eu d'autre ressource que de diminuer la réaction d'induit par tous les moyens possibles, notamment en faisant des armatures très légères par rapport aux inducteurs et en employant de très grands entrefers.

Les machines deviennent alors fort coûteuses, surtout lorsqu'elles doivent fournir beaucoup de courants déwattés, en actionnant par exemple, des moteurs asynchrones.

Un alternateur à grande réaction d'induit utiliserait beaucoup mieux les matériaux, à égalité de rendement, que les machines conçues de cette manière; mais, pour que le voltage développé entre ses bornes demeurât constant, il faudrait que son excitation variât, à chaque instant, en fonction de l'intensité et de la nature des courants fournis (wattés ou déwattés).

Mais, pour que son emploi fût industriel, il faudrait que les variations du courant d'excitation fussent obtenues automatiquement, par un procédé purement électrique, n'exigeant l'intervention d'aucun organe mécanique et dont l'action fût instantanée. Ce procédé devrait être analogue au compoundage des machines à courant continu.

Ce système d'excitation devrait assurer, en même temps, l'accouplement en parallèle des alternateurs qui en seraient munis, malgré leur grande réaction d'induit.

Nous pouvons réaliser un pareil système en nous servant d'une excitatrice spéciale que nous allons décrire et étudier.

II. Loi suivant laquelle doit varier, en fonction de son débit, l'intensité du courant d'excitation d'un alternateur a voltage constant

Considérons un alternateur quelconque et supposons que son fonctionnement soit parvenu à l'état de régime.

Désignons par :

$h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$, le voltage qu'il doit maintenir entre les bornes d'un de ses circuits d'armature ;

ρ et λ la résistance et le coefficient de self-induction de ce circuit ;

$i = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t$ l'intensité du courant débité par le circuit considéré. Dans cette expression, le terme $a \sin 2\pi\alpha t$ représente l'intensité du courant watté et le terme $-b \cos 2\pi\alpha t$, l'intensité du courant déwatté ;

$M = \mu \cos 2\pi (\alpha t + \chi)$ les variations de coefficient d'induction mutuelle du circuit d'armature considéré avec l'inducteur ;

J l'intensité du courant d'excitation.

Nous aurons à chaque instant :

$$0 = \rho i + \lambda \frac{di}{dt} + h + J \frac{dM}{dt}$$

ou :

$$2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi (\alpha t + \chi) = \rho i + \lambda \frac{di}{dt} + h$$

ou :

$$2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi (\alpha t + \chi) = [\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0] \sin 2\pi\alpha t + [2\pi\alpha\lambda a - \rho b] \cos 2\pi\alpha t.$$

d'où l'on tire :

$$J = \frac{1}{2\pi\alpha\mu} \sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda - \rho b)^2} \qquad (1)$$

$$\text{tg } 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0} \qquad (2)$$

Si l'on veut que le voltage h_0 demeure constant, l'équation (1) nous montre comment il convient de faire varier l'intensité J du courant d'excitation en fonction du débit.

III. Excitatrice spéciale

Nous supposerons que cette excitatrice soit une machine bipolaire.

Premier cas. — Elle doit servir à exciter un alternateur à courants polyphasés.

Sur un même axe OO (voir fig. 1), sont disposés deux anneaux A et B. Autour de l'anneau A est monté un premier enroulement $S_1 S_1$ de machine à champ tournant qui comporte un nombre de circuits régulièrement décalés égal à celui de l'armature de l'alternateur. Ces circuits sont reliés en série avec les circuits correspondants de l'alternateur par l'intermédiaire de bagues et de frotteurs, comme il est représenté sur la figure 2 pour l'un des circuits S_1.

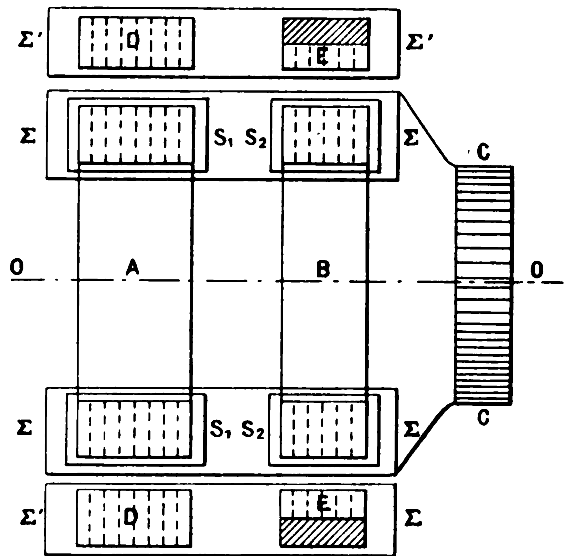


Fig. 1.

Sur l'anneau B est monté un autre enroulement de machine à champ tournant $S_2 S_2$ dont les circuits sont aussi en nombre égal à ceux de l'armature de la génératrice, mais sont dérivés entre les points d'entrée de ces circuits et les points de sortie des circuits S_1 de

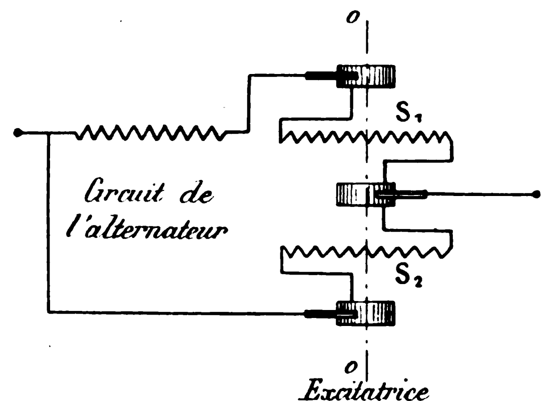


Fig. 2.

l'excitatrice, comme il est représenté sur la figure 2, pour l'un des circuits S_2.

Un troisième enroulement de machine à courant continu Σ recouvre les anneaux A et B et aboutit à un collecteur CC (voir fig. 1). Deux balais diamétralement opposés appuyés sur ce collecteur permettront de recueillir un courant qui servira à exciter l'alternateur.

Les anneaux A et B tournent à l'intérieur d'anneaux de fer extérieurs DD et EE où se ferment les flux qu'ils engendrent.

Les sections de ces anneaux DD et EE sont déterminées de telle manière que les circuits magnétiques le long desquels se propageront les flux engendrés par l'anneau A soient toujours dans un état éloigné de la saturation et qu'au contraire les circuits magnétiques le long desquels se propageront les flux engendrés par l'anneau B soient fortement saturés, lorsque l'excitatrice fonctionnera dans ses conditions normales.

Enfin, un circuit $\Sigma'\Sigma'$ entoure les anneaux DD et EE. Il comporte autant de spires que le circuit $\Sigma\Sigma$ et est parcouru par le courant issu des balais du collecteur CC, comme le représente le schéma de la figure 3. Les points d'entrée et de sortie de ce circuit sont choisis de telle manière que la force magnétisante développée par lui soit toujours égale et de signe contraire à celle développée par le circuit $\Sigma\Sigma$. Dans ces conditions, les courants qui traverseront ces deux circuits ne pourront engendrer aucun flux dans l'excitatrice.

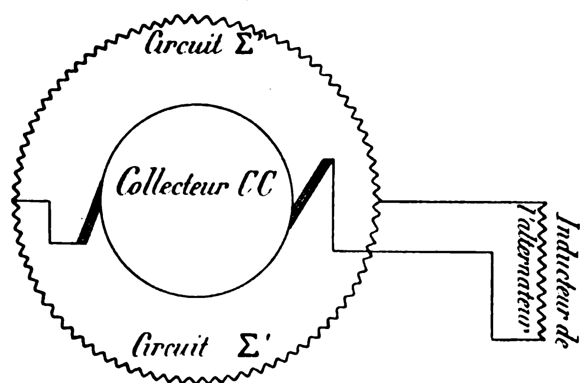


Fig. 3.

L'axe OO est assujetti à tourner synchroniquement avec celui de l'alternateur et lui est relié invariablement, soit par accouplement direct si les deux machines ont les mêmes nombres de pôles, soit par l'intermédiaire d'un train d'engrenages, soit par tout autre procédé équivalent.

On groupe les circuits à courants alternatifs des anneaux A et B de manière que les champs qu'ils engendrent tournent en sens inverse du mouvement des anneaux. Dès lors, ces champs sont fixes dans l'espace et l'enroulement à courant continu Σ, se déplaçant au milieu de champs fixes, développe entre les balais du collecteur CC une force électromotrice continue dont la grandeur ne dépend, pour une machine donnée, que de l'intensité des deux champs tournants et du calage des balais.

Deuxième cas. — L'excitatrice doit exciter un alternateur à courants alternatifs simples.

Nous ne monterons qu'un seul circuit à courant alternatif sur chacun des anneaux A et B de l'excitatrice (voir fig. 1). Nous disposerons, en même temps, une cage d'écureuil à la surface interne de chacun des anneaux extérieurs DD, EE et lui superposerons le circuit $\Sigma'\Sigma'$. Dans ces conditions, chacun des anneaux A et B tendra à produire deux champs tournant en sens inverses l'un de l'autre. Ceux qui tourneront dans le même sens que les anneaux seront détruits par l'influence des cages d'écureuil. Les deux autres champs seront fixes dans l'espace et se développeront, au contraire, librement à travers elles. Il en résulte que l'excitatrice fonctionnera de la même manière que dans le premier cas.

IV. Théorie du fonctionnement de cette excitatrice

Soit φ l'intensité du champ développé par l'anneau B. Nous pouvons poser $\varphi = kh_0$, le coefficient k diminuant lorsque le voltage h_0 augmente, puisque, par hypothèse, le circuit magnétique le long duquel se développera ce

champ, sera fortement saturé lorsque ce voltage aure pris sa valeur normale.

Puisque l'axe de l'excitatrice est invariablement lié à celui de l'alternateur, si la force électromotrice développée aux bornes du circuit considéré de l'excitatrice était $h = h_0 \sin 2\pi (\alpha t + \gamma)$ et non $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$, c'est-à-dire était de même phase que la force électromotrice développée dans l'armature de l'alternateur par la rotation de ses circuits mobiles, la direction du champ considéré serait bien déterminée. Représentons-la par une droite $o\Phi$ (voir fig. 4).

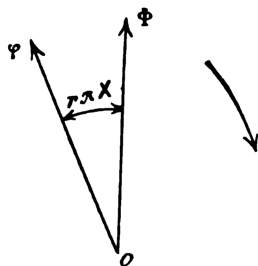


Fig. 4.

La direction, dans l'espace, du champ produit par la force électromotrice $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$ fera avec la direction $o\Phi$ un angle égal à $2\pi\chi$, cet angle étant compté en sens inverse du mouvement de rotation des champs indiqué par une flèche sur la figure 4.

Soit ψ l'intensité du champ développé par l'anneau A. Nous ferons en sorte que, si l'intensité des courants qui le produisent est égale à i, l'on ait :

$$\psi = K'i \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}$$

Le coefficient K' devra être considéré comme constant puisque, par hypothèse, le circuit magnétique le long duquel se développera le champ ψ sera toujours dans un état éloigné de la saturation.

Enfin, nous calerons les anneaux A et B, l'un par rapport à l'autre, sur l'axe OO de l'excitatrice, de telle manière que si l'on faisait traverser par les mêmes courants les circuits de l'anneau A et ceux de l'anneau B qui ont des sorties communes (voir fig. 2), les directions des champs développés dans les deux anneaux fissent entre elles un angle ω tel que $tg\ \omega = \frac{2\pi\alpha\lambda}{\rho}$. L'angle ω doit être compté à partir de la direction $o\varphi$, dans le sens de la rotation des champs (voir fig. 5).

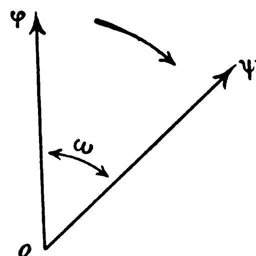


Fig. 5.

Nous ferons, sur les figures suivantes, la longueur $o\varphi$ égale à Kh_0.

Si nous désignons toujours par

$$i = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t$$

l'intensité du courant qui traverse le circuit de l'anneau A ayant même sortie que celui de l'anneau B qui supporte la différence de potentiels $h = h_0 \sin 2\pi\alpha t$: au courant d'intensité i correspond la production :

1° D'un champ d'intensité $o\Psi_1 = K' a \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}$ développé par le passage des courants wattés, dont la direction est celle de la ligne $o\psi$ de la figure 5.

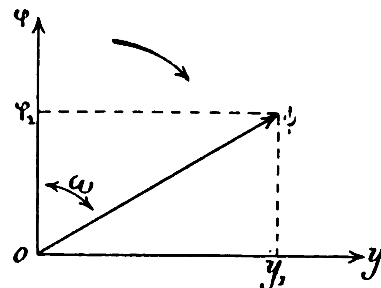


Fig. 6.

Ses deux composantes, suivant les directions $o\varphi$ et oy ($\widehat{\varphi o y} = 90°$) sont (voir fig. 6) :

$$\text{suivant } o\varphi : o\varphi_1 = o\psi_1 \cos \omega$$
$$\text{suivant } oy : oy_1 = o\psi_1 \sin \omega$$

On a

$$\text{tg}\ \omega = \frac{2\pi\alpha\lambda}{\rho}$$

d'où :

$$\sin \omega = \frac{2\pi\alpha\lambda}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$
$$\cos \omega = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

d'où :

$$o\varphi_1 = K'\rho a \quad oy_1 = K' 2\pi\alpha\lambda a$$

2° D'un champ d'intensité $o\psi_2$ tel que l'on ait

$$o\psi_2 = K'b\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}$$

Le courant déwatté — $b \cos 2\pi\alpha t$ étant en retard de 3/4 de période par rapport au courant watté d'intensité $\alpha \sin 2\pi\alpha t$, le courant déwatté qui passera dans le circuit de l'anneau A situé à 90° en arrière de celui où passe le courant watté a $\sin 2\pi\alpha t$ sera en retard, par rapport à ce dernier, de 4/4 de période, c'est-à-dire qu'il sera en phase avec lui.

Il en résulte que la direction du champ $o\psi_2$ développé par le passage des courants déwattés sera décalée de 90° en arrière de la direction du champ $o\psi_1$, comme il est représenté sur la figure 7.

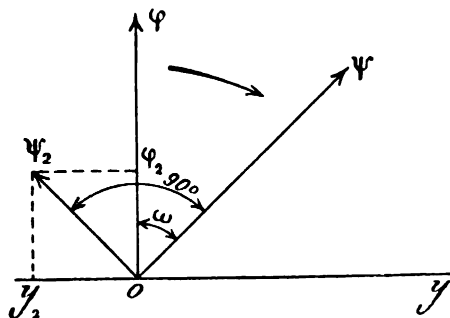


Fig. 7.

Les composantes du champ $o\psi_2$ suivant les directions $o\varphi$ et oy sont :

$$\text{suivant } o\varphi : o\varphi_2 = o\psi_2 \sin \omega$$
$$\text{suivant } oy : oy_2 = - o\psi_2 \cos \omega$$

ou

$$o\varphi_2 = - K' 2\pi\alpha\lambda b$$
$$oy_2 = - K'\rho b$$

En résumé, nous voyons que la somme des composantes des champs suivant la direction $o\varphi$ est :

$$X = K'(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b) + Kh_0$$

et suivant la direction oy

$$Y = K'(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)$$

Le champ résultant aura donc une intensité R telle que

$$R = \sqrt{[K'(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b) + Kh_0]^2 + K'^2[2\pi\alpha\lambda a - \rho b)]}$$

Cherchons quel angle fera la direction de cette résultante avec la direction $o\varphi$. Appelons-le $2\pi\chi'$ et supposons-le compté dans le même sens que l'angle ω. Nous aurons :

$$R \cos 2\pi\chi' = X$$
$$R \sin 2\pi\chi' = Y$$

d'où

$$\operatorname{tg} 2\pi\chi' = \frac{X}{Y} \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + \frac{K}{K'} h_0}$$

La direction du flux $o\varphi$ fait avec la direction fixe que nous avons appelée $o\Phi$ un angle $2\pi\chi$ tel que :

$$\operatorname{tg} 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + \frac{K}{K'} h_0}$$

(l'angle $2\pi\chi$) étant compté en sens inverse de l'angle ω.

La direction de la résultante R se confondra donc avec la direction fixe $o\Phi$, lorsque l'on aura $K = K'$ et cela quel que soit le débit de l'alternateur.

Supposons que la ligne de contact des balais du collecteur de l'excitatrice soit perpendiculaire à la direction $o\Phi$. Si nous désignons par C une constante ne dépendant que des dimensions de l'excitatrice, le courant d'excitation fourni par elle est égal à $CR \cos 2\pi (\chi' - \chi)$.

Lorsqu'un état de régime s'est établi, on a nécessairement

$$CR \cos 2\pi (\chi' - \chi) = \frac{1}{2\pi\alpha\mu}\sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}$$

Cette équation peut s'écrire :

$$CK' \cos 2\pi(\chi'-\chi)\sqrt{\left(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + \frac{K}{K'}h_0\right)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}$$
$$= \frac{1}{2\pi\alpha\mu}\sqrt{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}$$

Nous avons, en posant $\frac{K}{K'} = x$

$$\operatorname{tg} 2\pi(\chi'-\chi) = \frac{\operatorname{tg} 2\pi\chi' - \operatorname{tg} 2\pi\chi}{1 + \operatorname{tg} 2\pi\chi \operatorname{tg} 2\pi\chi'}$$
$$= \frac{(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)(1-x)h_0}{(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + x h_0) + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}$$

Posons, pour simplifier l'écriture :

$$\rho a + 2\pi\alpha\lambda b = P$$
$$2\pi\alpha\lambda a = \rho b = Q$$

Il vient :

$$R = K'\sqrt{(P + x h_0)^2 + Q^2}$$
$$\operatorname{tg} 2\pi(\chi'-\chi) = \frac{Q(1-x)h_0}{(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2}$$
$$\cos 2\pi(\chi'-\chi) = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2\pi(\chi'-\chi)}}$$
$$= \frac{(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2}{\sqrt{[(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2]^2 + Q^2(1-x)^2 h_0^2}}$$

d'où :

$$CR \cos 2\pi(\chi'-\chi)$$
$$= CK' \frac{[(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2]\sqrt{(P+xh_0)^2+Q^2}}{\sqrt{[(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2]^2+Q^2(1-x)^2h_0^2}}$$

Lorsqu'un état de régime se sera établi, nous aurons donc la relation

$$CK' \frac{[(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2]\sqrt{(P+xh_0)^2+Q^2}}{\sqrt{[(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2]^2+Q^2(1-x)^2h_0^2}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\alpha\mu}\sqrt{(P+h_0)^2+Q^2}$$

ou, en élevant au carré et posant $2\pi\alpha\mu . CK' = X$

$$[(P+h_0)(P+xh_0)+Q^2][X^2(P+xh_0)^2-(P+h_0)^2$$
$$-(X^2-1)Q^2] = Q^2(1-x^2)h_0^2[(P+h_0)+Q^2]$$

Cette équation où le coefficient x doit être considéré comme une fonction du voltage h_0, peut être résolue par rapport à h_0. Elle nous fait connaître ainsi le voltage développé par un alternateur muni de notre excitatrice, en fonction de son débit.

Nous avons raisonné dans ce qui précède, en supposant que l'on avait affaire à un alternateur à courants polyphasés. La même théorie s'applique au cas de l'alternateur à courant alternatif simple lorsque son excitatrice a reçu les modifications convenables qui ont été décrites à la fin du paragraphe III.

(*A suivre.*)

Maurice Leblanc.

TRANSMISSION DE PUISSANCE MECHANICVILLE A SCHENECTADY [1].

Tableau de distribution de la station génératrice. — La station génératrice, ainsi que le montre la vue intérieure donnée dans un précédent article, est munie d'une galerie qui domine les machines, et sur laquelle est monté le tableau de distribution. Il contient actuellement 9 panneaux distincts :

5 pour les alternateurs (n^os^ d'ordre pris à partir de la gauche 1, 2, 4, 5, 6) ;

1 pour les excitatrices (le n° 3) ;

1 pour les instruments totalisateurs ;

2 enfin pour les feeders (les n°s 8 et 9).

Il est aisé de distinguer, sur chaque panneau d'alternateur, 3 instruments de mesure placés à la partie supérieure ; ce sont : un ampèremètre d'armature (capacité, 75 amp. altern.) ; un ampèremètre de champ (capacité, 150 amp. continus) ; un voltmètre, connecté au secondaire d'un transformateur placé derrière le panneau, et gradué pour 15 000 volts. Le primaire dudit transformateur est monté entre les deux branches extrêmes des trois conducteurs d'armature. Au-dessous se

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 29 octobre, t. XVII, p. 194.

voient des interrupteurs, respectivement placés dans les trois branches, et séparés par de hautes barrières d'ébonite. Ils sont à double direction, leur position supérieure connectant la machine à un premier groupe de barres omnibus, derrière le tableau ; la position inférieure à un second groupe soigneusement isolé. Le mode d'isolement de ces barres est le même que celui des interrupteurs. Il consiste à les fixer sur le tableau par des supports d'ébonite à surface gaufrée ; leur forme pyramidale et leurs stries assurent une longue distance isolante entre la barre et la surface du panneau et rendent plus difficiles les décharges superficielles souvent observées dans les tableaux à haut potentiel. La lame des interrupteurs à haut voltage n'a pas de poignée, mais elle est percée à son extrémité d'un trou qui permet de la saisir avec un crochet bien isolé et suffisamment long. Au-dessus de ces interrupteurs se voient l'interrupteur d'excitation et un interrupteur de lumière, tous deux à double direction ; ils permettent de mettre l'excitation ou la lumière sur l'une ou l'autre des excitatrices ou sur les deux en parallèle.

Derrière le panneau sont placés les coupe-circuits fusibles, isolés pour 20 000 volts et calculés pour une surcharge raisonnable. Ils sont formés d'une lamelle d'aluminium tendue par des ressorts entre des contacts qu'on insère dans le circuit ou qu'on en retire avec la plus grande facilité.

Le rhéostat d'excitation n'a pas d'accès au tableau ; mais il est suspendu sous la galerie près du bord, et commandé par une tige à tambour qui traverse la galerie près de la balustrade. On peut voir ces rhéostats et leurs tiges de commande sur deux des photographies, et juger qu'il est facile de les régler en lisant le voltage au panneau placé en face.

Avant de quitter ces panneaux de générateur, signalons la *lampe de phase* placée sur chacun, tout à fait à la partie supérieure, entre des lampes pilotes. Elle est insérée dans le secondaire d'un transformateur dont le primaire connecte la borne 3 de l'alternateur à la barre omnibus 3, de sorte qu'on fait les connexions à travers la grande résistance du transformateur et la branche 1 de l'interrupteur, et on la court-circuite en fermant l'interrupteur (branches 3 et 2) quand la lampe accuse concordance de phase (fig. 18).

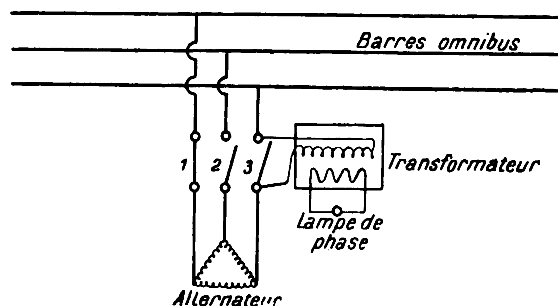


Fig. 18. — Connexions de la lampe de phase.

Le panneau 3 commande les deux excitatrices à 125 volts. On y voit à la partie supérieure deux ampèremètres de 1 000 amp., un seul voltmètre accompagné d'une clé à double direction pour lire les volts aux deux machines ; de chaque côté sont leurs interrupteurs d'excitation, et en bas leurs rhéostats d'excitation placés dérrière et dont la poignée traverse le panneau.

Le centre est occupé par deux interrupteurs à 3 branches et à double direction : chacun remplit pour l'excitatrice correspondante les fonctions suivantes : connecte l'armature à une paire de barres omnibus (position supérieure) ou à une seconde paire (dans la position inférieure) ; effectue la mise

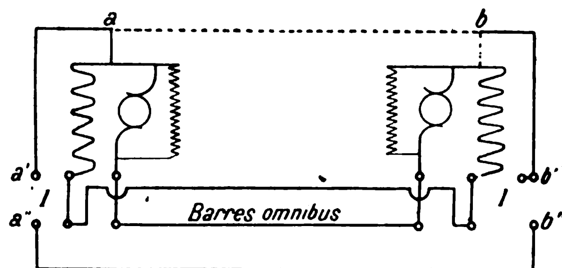


Fig. 19. — Connexions des excitatrices.

en parallèle des champs en série, puisque les excitations sont compoundées et que leur

bonne opération en parallèle exige une connection telle que *a b* (fig. 19).

On voit sur la même figure comment la connexion équivalente à *a a' a'' b'' b' b* est opérée au moyen d'un interrupteur complémentaire I.

On voit ici le même principe appliqué pour l'alternatif et le continu : l'emploi pour l'un et l'autre de deux groupes de barres omnibus.

Il en résulte pour l'alternatif la possibilité d'opérer les feeders ensemble ou isolément; pour le continu cela permet de répartir l'excitation des alternateurs et le circuit de lumière à volonté entre les deux excitatrices ou de les opérer en parallèle, ou enfin de n'en opérer qu'une aux heures de faible charge.

Le panneau n° 7 commande les circuits d'éclairage et de chauffage, et contient deux wattmètres intégrateurs Thomson qui donnent la puissance totale délivrée par l'usine.

Enfin les deux panneaux de feeders ont, *pour chaque branche*, un ampèremètre de 150 ampères et un interrupteur à deux directions semblable à ceux des générateurs et semblablement monté. Pour leur éviter l'effet destructif des étincelles on ouvre ordinairement le circuit au moyen d'un interrupteur auxiliaire dit « plongeur ». Il est composé d'une longue tige de cuivre enfoncée de bas en haut dans un cylindre en ébonite contenant des anneaux flexibles de contact. Cette tige établit la connexion et elle est maintenue dans cette position par une détente articulée, qu'on peut commander à distance. Quand on relâche cette détente, la tige tombe sous l'action de la gravité et ouvre le circuit dans des conditions évidemment très défavorables à la formation des étincelles et inoffensives par sa surface. Un tel interrupteur à tige est évidemment placé dans chaque branche.

Ligne de transmission. — Un seul des panneaux de feeders est maintenant actif, et il commande la ligne de Mechanicville à Schenectady.

Cette ligne est souterraine pour une courte distance : elle atteint une sorte de hutte où sont faites ses connexions à la ligne aérienne, par l'intermédiaire de parafoudres du type General Electric (les éléments sont des cylindres séparés par des espaces d'environ 8/10 de mm, avec des résistances de graphite appropriées : chacun suffit pour 2 000 volts, et 6 en série suffisent pour 12 000).

La ligne est aérienne sur une longueur de 25 kilomètres, et elle traverse Schenectady dans un caniveau souterrain, jusqu'aux usines de la General Electric, où elle devient de nouveau aérienne ; aux deux jonctions de Schenectady comme à celle de Méchanicville sont disposés des groupes protecteurs de foudre identiques à celui de la figure 20, et les

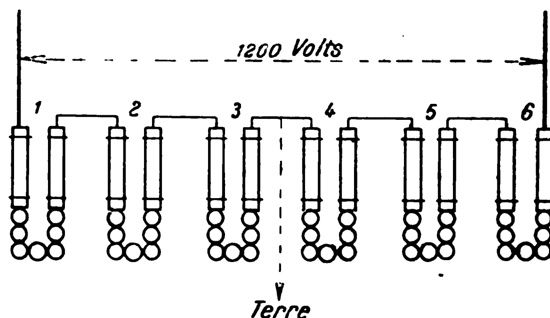


Fig. 20. — Schéma des parafoudres de la General Electric Company.

sommets des poteaux sont réunis par du *fil ronce* connecté à la terre en maint endroit.

La capacité de la ligne est de 1 800 chevaux, à l'extrémité réceptrice, et la perte en watts est 10 p. 100.

Il y a en moyenne 31 poteaux de cèdre par kilomètre, et, tous les 50 poteaux un plus élevé qui permet d'intervertir les fils pour diminuer l'inductance. Une ligne téléphonique connecte les stations, et ses fils sont intervertis tous les 25 pôles.

Les isolateurs sont en porcelaine vernie, à triple cloche, et ont été tous essayés *humides* à 30 000 volts.

Ainsi la ligne actuelle peut délivrer à Schenectady 1 800 chevaux, et dès que la puissance nécessaire dépassera ce chiffre, on dis-

posera, sur les mêmes poteaux, une seconde ligne semblable à la première. Les conducteurs employés pour la distribution aux usines de Schenectady ont la section suffisante pour ce débit double.

Tableau de la station réceptrice. — Le tableau de distribution se divise naturellement en deux parties : l'une correspondant au courant alternatif, l'autre au courant continu ; nous sommes tenus, pour plus de clarté, à les examiner séparément.

1. *Tableau du courant alternatif.* — Le courant de la ligne traverse, en atteignant la station, un groupe de parafoudres connectés à la manière ordinaire. Après quoi les trois branches passent par trois interrupteurs (fig. 21) qui permettent leur connexion aux

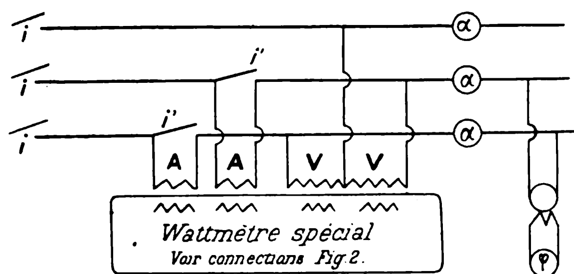


Fig. 21. — Connexions à l'arrivée des feeders.

barres omnibus de courant alternatif. Ces barres sont, comme les interrupteurs, isolées pour 10 000 volts, et elles ont une section suffisante pour 130 ampères, ce qui correspondrait à une puissance de 3 000 chevaux.

Ce chiffre n'est pas actuellement nécessaire, mais peut le devenir en peu de temps, et toute l'installation a été réalisée en prévision de ces probabilités.

Après les interrupteurs sont insérées, sur les barres omnibus, les bobines série et dérivation d'un wattmètre enregistreur, toutes avec l'intermédiaire de transformateurs : les transformateurs des bobines shunt sont évidemment réducteurs de tension, et les transformateurs de courant sont quelconques, et seulement destinés à éviter l'introduction dans le wattmètre d'un voltage élevé.

Le wattmètre, représenté schématiquement en figure 22, est le wattmètre d'induction

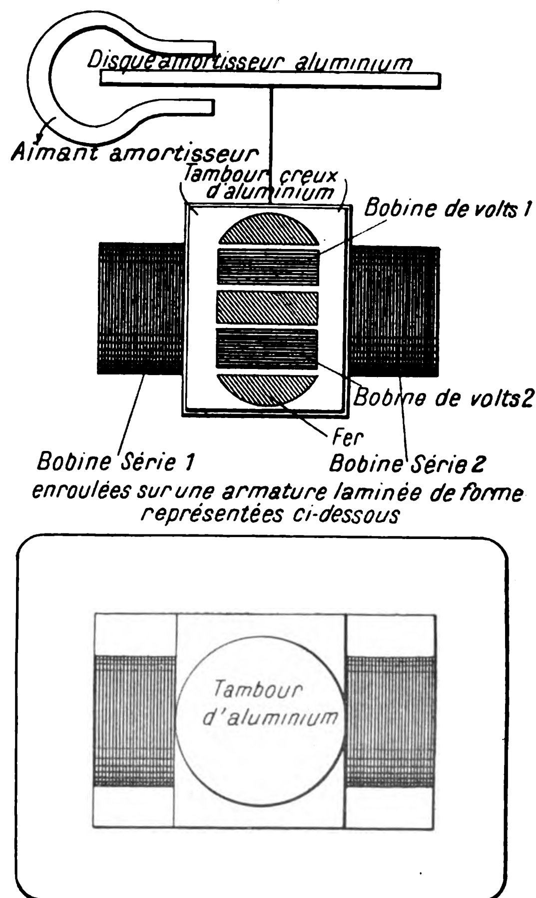


Fig. 22. — Schéma du wattmètre enregistreur.

système Thomson ; il enregistre la puissance totale du système *triphasé*.

Evidemment les primaires des *transformateurs série* du wattmètre sont shuntés par des interrupteurs de court-circuit *i' i'*, qui permettent de supprimer le wattmètre sans couper les lignes.

On emploie aussi un voltmètre φ et un ampèremètre α dans chaque branche. Cette multiplicité d'ampèremètres permet de vérifier que le système est *balancé*, ce qui doit être par la nature même de l'installation. Le contraire indiquerait un trouble quelconque auquel il serait urgent de remédier.

Après les instruments de mesure viennent les branchements des transformateurs réduc-

teurs qui connectent aux *convertisseurs*. Il y a trois convertisseurs de triphasé en continu, qui, par leurs enroulements spéciaux, répondent à la fois aux diverses conditions requises pour le voltage : 500 pour la traction, 250 pour les moteurs, et 125 pour la lumière. Pour cela, leur armature porte deux enroulements symétriques, avec leurs anneaux d'alternatif et leur commutateur de continu identiques et symétriquement placés.

La figure schématique ci-jointe représente en trait plein l'un des enroulements, avec ses connexions aux anneaux et au commutateur de gauche; en trait ponctué l'autre enroulement, avec semblables connexions à droite (fig. 23).

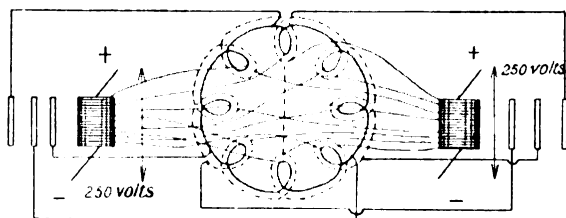


Fig. 23. — Enroulements des convertisseurs.

Sous le voltage secondaire normal des transformateurs appliqué aux anneaux de chaque enroulement, le commutateur correspondant donne 1 000 ampères sous 250 volts; connectés en multiple comme le représente la figure 24, ils donnent donc 2 000 ampères

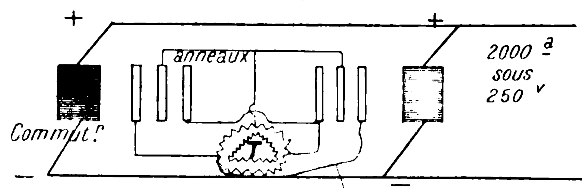


Fig. 24. — Connexions des convertisseurs en parallèle.

sous 250 volts ; connectés en série comme l'indique la figure 25, ils donnent 1000 ampères sous 500 volts. Mais ils ne sauraient alors être alimentés de courant alternatif par les mêmes transformateurs, ou plutôt les mêmes secondaires. D'où la nécessité de donner aux transformateurs deux bobines secondaires et de réaliser les connexions indiquées par le schéma de la figure 26.

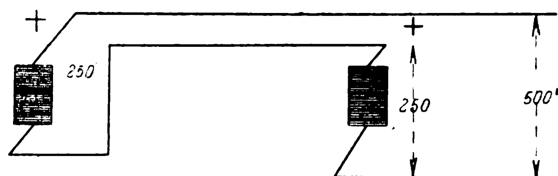


Fig. 25. — Connexions en série des convertisseurs.

Comme on le voit, la complexité de ces connexions n'affecte pas le tableau alternatif, mais seulement les intermédiaires des con-

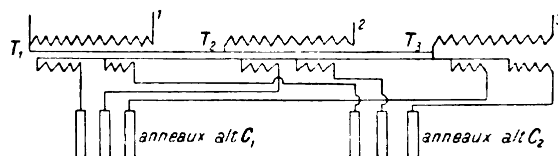


Fig. 26. — Connexions des transformateurs aux convertisseurs.

vertisseurs et de leurs transformateurs et le *tableau continu*. Il en est de même de l'artifice employé pour obtenir des mêmes convertisseurs le voltage d'éclairage 125, artifice que nous examinerons plus loin.

Les connexions qui suivent aux barres omnibus d'alternatif sont celles d'un moteur synchrone de 500 kw et de ses accessoires de régulation, et enfin les connexions pour la distribution éventuelle d'éclairage en ville (fig. 27). Celles-ci viennent en dernier lieu ; avant elles vient le moteur synchrone, *directement uni à la ligne à 10 000 volts* par trois interrupteurs ; ses régulateurs doivent se brancher à la ligne avant lui, comme on va le montrer.

Le but du *moteur synchrone et régulateur de voltage* est de rendre le voltage de ligne *indépendant de la charge du moteur synchrone*. On profite pour cela de la propriété qu'ont les moteurs synchrones *surexcités*, de donner une avance au courant et d'élever par suite les volts, ou de diminuer leur chute, soit par leur *réaction* magnétisante sur le générateur, soit par leur action sur l'inductance de la ligne.

L'excitation du moteur synchrone est automatiquement proportionnée à sa charge par les dispositifs représentés (fig. 27 et 28).

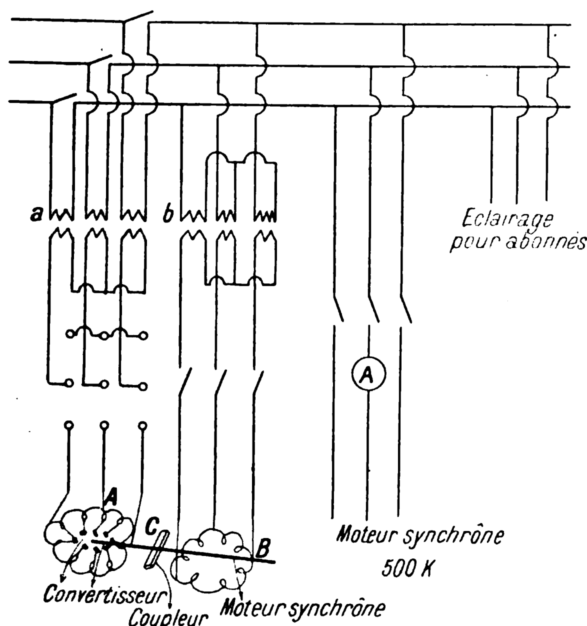


Fig. 27. — Connexions du tableau.

a sont des transformateurs insérés dans les lignes, de sorte que leurs primaires reçoivent les courants absorbés par le moteur

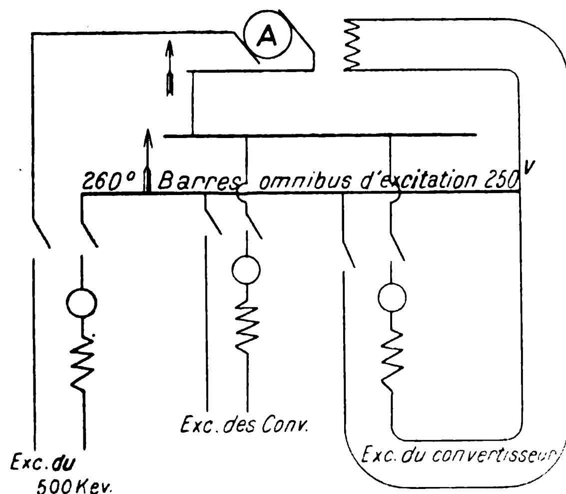


Fig. 28. — Connexions d'excitation.

synchrone, et leurs secondaires donnent des voltages proportionnels à cette charge. Ces volts sont appliqués aux anneaux d'alternatifs d'un convertisseur A, couplé par un manchon C au moteur synchrone B. Celui-ci est alimenté par des transformateurs réducteurs *b* mis en dérivation sur les lignes et ses champs sont excités, comme ceux du convertisseur A et des autres convertisseurs, par les barres omnibus d'excitation à 250 volts.

Le moteur synchrone de 500 kw est lui-même excité par ces barres, mais à travers le convertisseur survolteur A.

Le manchon C (fig. 27) d'accouplement du moteur et du convertisseur permet de donner à celui-ci un décalage convenable pour la nature de la charge du générateur, ou d'obtenir pour son voltage tous les degrés possibles de compoundage ou le surcompoundage.

L'appareil a été calculé, et expérimentalement ajusté, pour donner même volts à vide et à pleine charge du moteur, avec la charge non inductive du générateur. Les convertisseurs sont en effet non-inductifs à 3/4 de leur charge, et comprennent eux-mêmes les effets de lignes sur leurs charges individuelles, comme le moteur synchrone le fait pour la sienne, en vertu du dispositif précédent.

La régulation des convertisseurs a le même principe théorique que la précédente, et se réalise avec une plus grande simplicité pratique. En effet la charge du convertisseur étant par lui commutée d'alternatif en continu peut être directement employée sous cette dernière forme à produire la surexcitation de ses champs.

Il suffit de mettre sur ceux-ci, en série avec l'armature, un enroulement excitateur de grande capacité, semblable à l'enroulement série des dynamos compound à courant continu.

On calcule un peu largement le nombre de tours à lui donner, et on règle expérimentalement le compoundage par un ruban de maillechort shuntant cet enroulement.

Il est évident que chacun des deux enroulements induits d'un des convertisseurs doubles déjà décrits doit avoir son compoundage

propre; et la connexion égalisatrice C (fig. 29) est nécessaire quand on les opère en multiple,

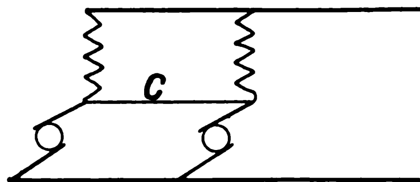


Fig. 29.

tout comme les générateurs compound à courant continu.

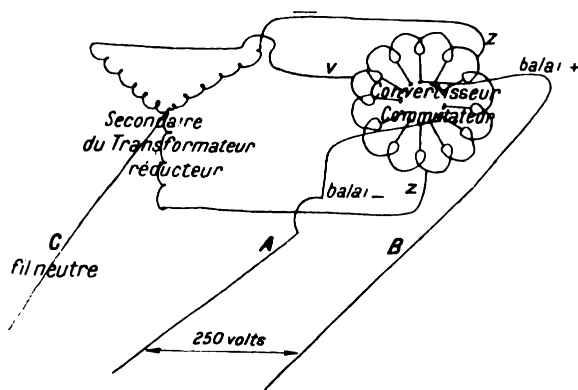


Fig. 30. — Connexions des convertisseurs au réseau de distribution.

2° *Tableau de distribution du courant continu.* — Aux trois convertisseurs de 40 à 400 kw installés correspondent six paires de

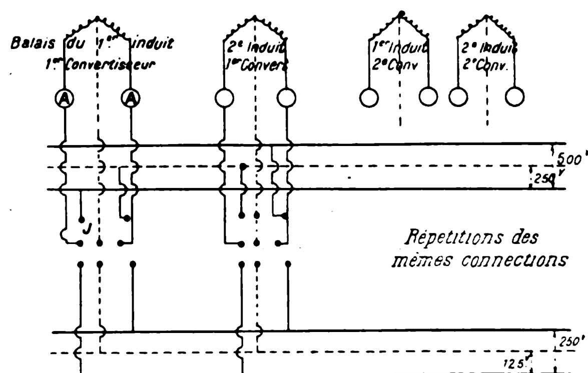


Fig. 31. — Connexions du tableau à courant continu.

câbles, puisque chaque convertisseur a deux commutateurs et deux enroulements induits, et chaque couple de câbles donne 250 volts et 1 000 ampères.

Pour alimenter les lampes à 125 volts, on constitue ingénieusement le système à trois fils suivant :

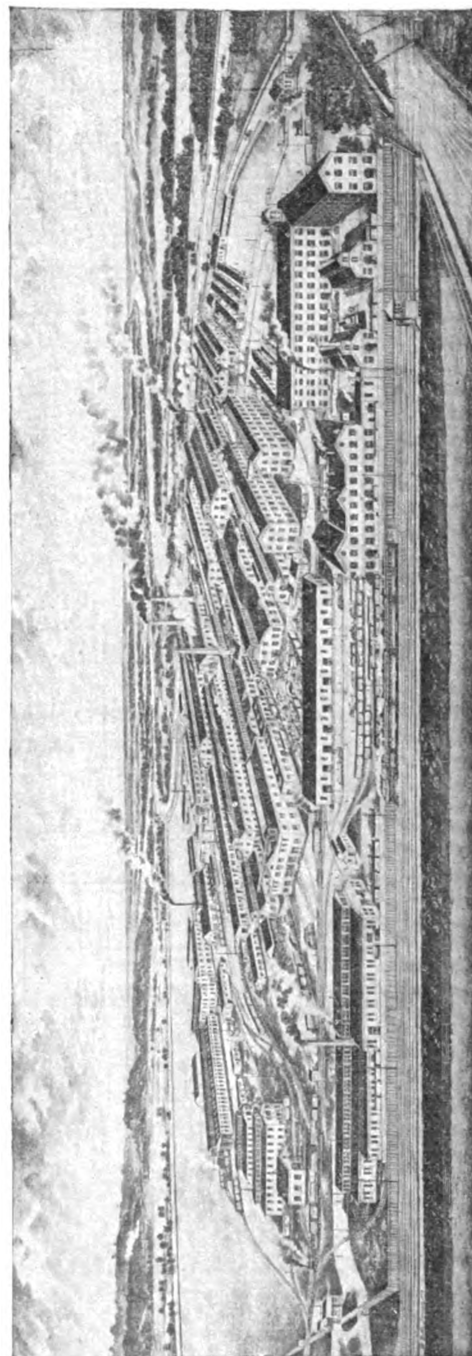


Fig. 32. — Vue d'ensemble des usines de Schenectady de la General Electric Company.

On dérive le fil neutre du centre de l'étoile formée par les secondaires des transformateurs réducteurs. Il est facile de reconnaître

qu'il y a 125 volts entre le fil neutre C et chacun des fils A et B (fig. 30).

Le tableau à 250 volts et 125 volts est donc semblable à un tableau de système à trois fils ordinaire, et le tableau à 500 volts affecte la même disposition, le fil neutre étant pris cette fois au balai commun des deux induits d'un convertisseur connectés en série pour donner 500 volts.

La figure 31 représente schématiquement les connexions des convertisseurs avec le système de barres à différents voltages, orérées par des interrupteurs J tripolaires à trois directions.

La figure 33 donne la vue d'ensemble des usines de Schenectady.

J.-W. Blackstone.

INFLUENCE DE L'ÉCHAUFFEMENT ET DE L'HUMIDITÉ
SUR LA RÉSISTANCE OHMIQUE DES ISOLANTS

Je demande la permission de présenter aux lecteurs de *L'Éclairage Électrique* le résumé succinct d'expériences étendues, faites au cours de l'année scolaire à l'Université d'Illinois, pour déterminer l'influence de l'échauffement thermique sur les qualités spécifiques des isolants usuels.

Ces expériences ont été effectuées par MM. M.-E. Chester et C.-V. Crellin, sous la direction du professeur-adjoint M. William Esty, et conformément à ses idées et suggestions, ainsi qu'à celles du professeur-docteur A.-P. Carman.

Diverses communications sur ce sujet, faites précédemment à l'Institut américain des Ingénieurs électriciens énonçaient les résultats les plus contradictoires, et les expériences qui suivent ont permis d'en expliquer le désaccord et les causes. Un très grand soin a été apporté à la construction de l'appareil employé, et aux détails de son opération, dans la méthode de mesure adoptée.

1° Appareil. — L'appareil proprement dit est, comme le représente en coupe la figure 1, enclos dans une caisse de fonte immergée dans l'huile. Le bain d'huile chauffé par trois becs Bunsen fut adopté après des essais comparatifs, qui indiquèrent cette méthode de chauffage comme la mieux capable de donner des régimes de température stables.

Les isolants à essayer étaient découpés en disques jaugés rigoureusement à la même dimension et leur résistance prise entre deux plaques d'acier poli, représentées par C et

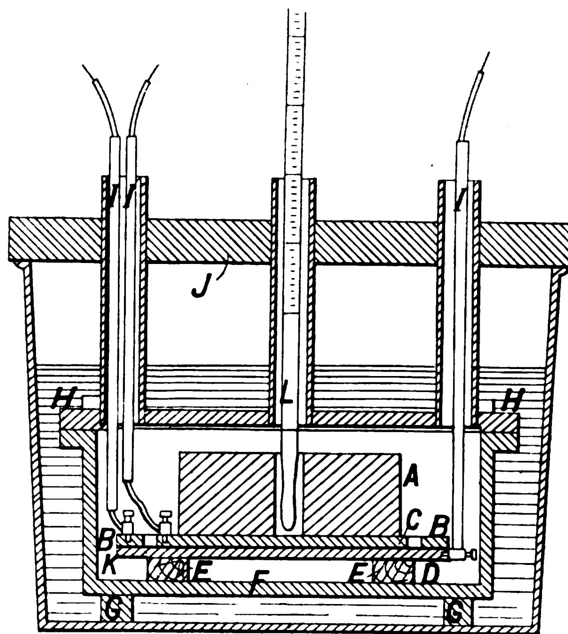


Fig. 1. — Coupe de l'appareil de MM. Chester et Crellin.

A, masse de plomb; B, anneau de garde; C et D, plaques de contact; E, supports de pin complètement secs; F, enveloppe de fonte; G, anneau de fer; H et I, tubes de verre; J, bois; K, isolant; L, thermomètre.

D sur la figure 1. Cette méthode fut antérieurement reconnue donner les contacts les plus uniformes et les plus invariables; seulement on ajouta, sur chaque face du disque isolant

un disque égal de papier d'étain, qui rend les conctacts plus intimes.

Ajoutons que ceux-ci sont établis sous la pression constante d'une masse de plomb représentée en A.

Pour le reste, comme nous ne saurions en énumérer plus longuement les détails, nous renvoyons le lecteur à la figure elle-même, en le priant de s'accompagner de la légende.

Nous abrégerons encore le détail des connexions au moyen d'un diagramme (fig. 2), auquel voudra bien se reporter le lecteur.

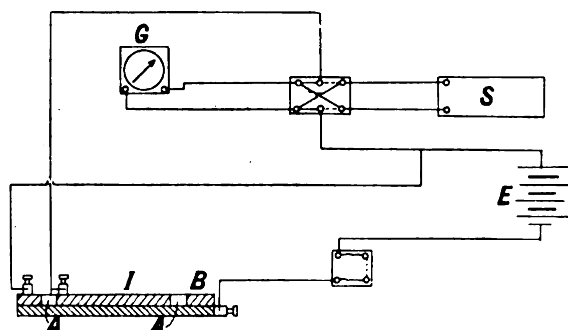


Fig. 2. — Diagramme des connexions.

Il représente la mesure, au galvanomètre G, de la déflexion correspondant au courant produit à travers l'isolant I par la force électromotrice d'une batterie E.

L'ouverture de garde B soustrait le galvanomètre aux influences des courants de perte qui peuvent se manifester sur les bords du disque isolant.

La surface AA est ainsi considérée seule,

Le galvanomètre était un Thomson à quatre bobines convenablement shunté.

La source E était primitivement une dynamo Edison de 500 volts; mais la fluctuation de son voltage, en connexion avec la capacité de l'ensemble soumis aux essais, chargeait le galvanomètre au point de rendre les lectures impossibles, et la mise à la terre de la boite du galvanomètre étant même insuffisante, on substitua à la dynamo 400 éléments d'accumulateurs, qui donnèrent des lectures stables.

L'isolement destiné à soustraire le galvanomètre à toutes dérivations possibles du circuit fut fait avec un soin minutieux, au moyen de blocs de verre et de paraffine, et de tubes de verre, comme il est usuel de faire dans de tels essais.

2° Méthode d'essais. — Les résistances des isolants furent comparées, comme l'indique implicitement ce qui précède, par la méthode de substitution. Mais pour obtenir des mesures absolues des résistances, comparables à celles des autres expérimentateurs, et directement utilisables, on substitua chaque fois à l'isolant, dans le circuit galvanométrique, une résistance connue à travers laquelle on observa la déviation d : et si r est la valeur de cette résistance connue en mégohms, d la déflexion, r et d_x la résistance de l'isolant et la déflexion correspondante, m et m_x les pouvoirs multiplicateurs du shunt,

$$r_x = \frac{rmd}{m_x d_x}$$

et, au moyen des dimensions connues de l'isolant, on réduisit facilement cette résistance en mégohms par inch carré de surface et millième d'inch d'épaisseur.

Pour l'usage des lecteurs de ce journal nous prendrons la peine (peine qui sera épargnée, j'espère, à nos descendants) de réduire les résultats en mégohms par millimètre cube.

Pour chaque isolant furent faites les deux séries d'essais suivantes :

1° La température fut graduellement élevée de la valeur ambiante à celle de 200° centigrades, et la résistance lue tous les 5 degrés ;

2° La température fut élevée jusqu'à 100° centigrades, pour évaporer l'humidité, et pendant le refroidissement graduel la résistance était prise tous les cinq degrés.

Après ce refroidissement, la température fut élevée jusqu'à 200° et les lectures prises tous les 5 degrés; la courbe ascendante jusqu'à 100° coïncide avec la courbe descendante obtenue après évaporation de l'humidité.

L'échauffement fut fait, dans toutes les expériences, à la vitesse constante de 100° par heure.

3° Résultats. — De toutes les courbes obtenues dans ces essais, nous ne donnerons que les conclusions générales, et pour la comparaison nous reproduirons l'ensemble des courbes en 2 séries (fig. 3) : A, B, C, D, E, F,

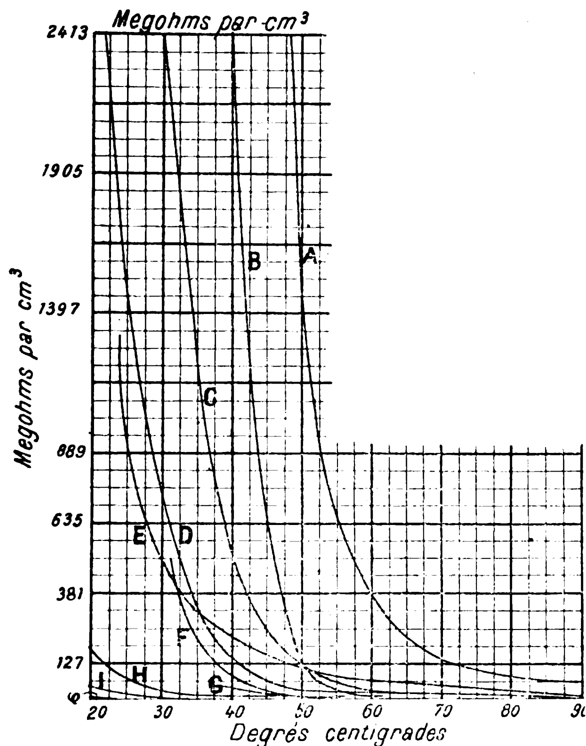


Fig. 3. — Résultats.

excluent l'effet de l'humidité et donnent les résistances spécifiques réellement intrinsèques; G, H et I montrent la chute produite par l'humidité.

Les courbes se rapportent aux substances suivantes :

A, toile de lin séchée ;
B, papier paraffiné ;
C, soie ;
D, papier huilé ;
E, papier manille sec ;
F, toile de coton séchée ;
G, est la courbe de résistance du lin avant séchage ;
H, est, dans les mêmes conditions, celle du papier manille ;
I, celle du coton.

On sait que toutes ces matières sont abondamment employées dans l'isolation des machines, et la figure montre à quel considérable degré leur résistance ohmique tombe par l'effet de l'échauffement, ainsi que par celui de l'humidité.

Hâtons-nous de dire que tout cela se rapporte à la résistance ohmique, et qu'il est peu probable que la résistance à la rupture subisse une aussi grave altération. Les conclusions générales à tirer des diverses autres expériences faites au laboratoire d'Illinois peuvent se résumer dans les propositions suivantes :

1. La résistance des matières, telle que papiers et toiles non traitées par l'huile ou toute autre substance, décroît d'abord quand on les chauffe, et croît ensuite quand l'humidité est expulsée. (Minimum au voisinage de 100°.)

2. La résistance est beaucoup plus grande, et moins rapidement décroissante *après séchage*.

3. Les isolants traités à l'huile, à la gomme laque ou autres, ont une résistance graduellement décroissante avec la température ; elle décroît même au-dessous du minimum observé avec les mêmes matières non traitées, et ne se relève plus ensuite ;

4. En présence d'humidité, la chaleur a beaucoup plus d'influence, et réduit la résistance beaucoup plus vite, et d'autant plus que le chauffage se fait plus vite.

5. En résumé, l'isolement d'une substance est très imparfaitement défini, tant qu'on ne se donne pas l'état physique, la température, le degré d'humidité, et même la pression. Les auteurs de ces essais ont cherché, comme on l'a vu, à éliminer complètement toute introduction de cette dernière dans les expériences précédentes, mais dans une série complémentaire d'expériences, ils ont reconnu aux variations de la pression une autre grande influence sur la résistance *spécifique*

****

des isolants. Les résistances spécifiques données dans cette partie de leur mémoire éveillent un peu mes doutes, l'auteur n'indiquant aucune évaluation de l'épaisseur, pourtant variable et sans laquelle on ne saurait calculer les résistances *spécifiques*.

Comme il a été dit plus haut, ces expériences ont établi avec certitude les qualités ohmiques des isolants usuels et des facteurs qui les affectent, et elles ont laissé de côté les qualités, si je puis dire « antidisruptives », de ces mêmes isolants.

Mais leur étude a été exposée d'une façon magistrale par M. C.-P. Steinmetz dans des communications faites en 1893 et 1897 à l'Institut américain des Ingénieurs électriciens, et la comparaison des expériences faites montre que ces qualités isolantes, d'ordre tout différent et d'importance inégale, ne vont pas du tout de pair, et que la question ne se réduit toute entière ni en mégohms ni même en « gradients », mais bien en distinctions complexes d'une infinie variété, et où il reste un vaste champ ouvert aux expérimentateurs.

E. Letheule.

TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ ALLEMANDE D'ÉLECTROCHIMIE

CONGRÈS DE LEIPZIG [1]

M. Cohen, d'Amsterdam, en commun avec M. Ph. Kohnstamm :

Sur l'élément Weston.

Jusqu'à ces derniers temps, l'élément normal employé presque exclusivement était celui de Latimer Clark. Son coefficient de température élevé oblige à ne s'en servir que dans un thermostat pour toutes les mesures exactes. Jaeger et Wachsmuth, ayant étudié de plus près l'élément Weston, reconnurent que son coefficient de température est vingt fois plus faible, ce qui le rendrait plus pratique à ce point de vue que l'élément Clark. Cependant la pile Weston présente un certain nombre d'anomalies qui font le sujet des recherches des auteurs.

L'élément Clark renferme aux températures inférieures à 39° du sulfate de zinc cristallisé avec 7 molécules d'eau $Zn\,SO^4$, $7\,H^2O$. Au-dessus de cette température les cristaux se convertissent en sulfate à 6 molécules d'eau $Zn\,SO^4$, $6\,H^2O$; à 39° il se produit une variation brusque dans le coefficient de température relatif à la solubilité et en même temps dans celui qui règle la force électromotrice.

Or Jaeger et Wachsmuth ont décelé à 15° une variation brusque dans le coefficient de température de la force électromotrice de l'élément Weston. Il est donc probable que le sulfate de cadmium cristallisé de la pile $Cd\,SO^4$, $8/3\,H^2O$ subit aussi une certaine modification à cette température. Des essais exécutés d'après diverses méthodes ont montré qu'il en était bien ainsi. La nouvelle forme cristalline, dont l'étude cristallographique n'est pas encore faite, renferme la même quantité d'eau de cristallisation que l'ancienne.

Les auteurs conseillent de ne jamais employer l'élément au-dessous de la température de 15°, à moins de le porter pendant à peu près une demi-heure à une température supérieure et d'attendre ensuite environ deux heures avant de s'en servir.

MM. Bredig et Knüpffer, de Leipzig :

Force électromotrice et équilibre chimique

M. van t'Hoff établit en 1886, à l'aide de la thermodynamique, une formule qui fixe les

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 93 et 504, et t. XVII, p. 105, 237, 310 et 407.

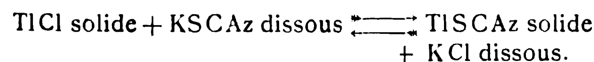
rapports entre la constante d'équilibre d'une réaction réversible et la force électromotrice de l'élément que l'on construit avec les produits de la réaction :

$$e = \frac{RT}{nF}\left(ln\,k - ln\,\frac{C^{\alpha}C'^{\alpha'}\ldots\ldots}{C_1^{\beta}C_2^{\beta'}\ldots\ldots}\right)$$

Le sens des premières lettres a déjà été donné précédemment à propos de la même formule (mais plus restreinte) employée par M. PETERS (p. 403); CC'... désignent les concentrations des diverses substances gazeuses ou dissoutes dans le premier membre de la réaction chimique, $C_1\,C_2$... les concentrations dans le second membre; enfin $\alpha\,\alpha'$... $\beta\,\beta'$... représentent le nombre de molécules (les coefficients) qui interviennent dans l'équation chimique de la réaction. Ajoutons que la formule ne s'applique qu'aux systèmes étendus (gazeux ou dissous) et qu'on n'a pas à s'occuper des phases de concentration constante (métaux, précipités...).

Cette équation a déjà été employée dans diverses circonstances : équilibre entre un métal et ses ions, entre ions du même métal, mais de valences différentes (travail de Peters, résumé plus haut), entre l'eau non dissociée et ses ions, entre le précipité de chlorure d'argent et la partie dissoute, etc.

Les auteurs ont cherché à la vérifier dans un cas de double décomposition chimique. Après quelques essais infructueux ils ont réussi avec la réaction mutuelle du chlorure de thallium solide et du sulfocyanate de potassium dissous qui se convertissent en sulfocyanate de thallium solide et chlorure de potassium dissous — et la transformation inverse :


TlCl solide + KSCAz dissous $\rightleftarrows$ TlSCAz solide + KCl dissous.

On agite des solutions de sulfocyanate de potassium avec du chlorure de thallium solide et de même des solutions de chlorure de potassium avec du sulfocyanate de thallium solide jusqu'au moment où l'équilibre est atteint et l'on détermine chaque fois par l'analyse chimique le rapport des deux sels solubles, ou $\frac{Cl}{SCAz}$, par conséquent, la constante k de l'équilibre.

On mesure d'autre part la force électromotrice de l'élément réversible représenté par le schéma :

Tl (amalg.), TlCl solide, KCl dissous, KSCAz dissous, TlSCAz solide, Tl (amalg.)

D'où le tableau suivant :

Constante d'équilibre.

Température.	k (analyse chimique).	k (calculé par la f. é. m.)
39°,9	0,85	0,88
20°	1,24	1,26
0°,8	1,74	1,79

Ainsi la formule de van t'Hoff représente bien ce cas de double décomposition.

On en tire la conclusion que l'équilibre électrolytique, c'est-à-dire la force électromotrice nulle, doit se produire en même temps que l'équilibre chimique. La formule générale peut s'écrire dans le cas présent :

$$e = \frac{RT}{nF}\left[ln\,k - ln\,\frac{(Cl)}{(SCAz)}\right]$$

puisqu'il ne s'agit, en somme, que de l'équilibre entre l'ion Cl et l'ion sulfocyanique, SCAz. Ici, $C = (Cl)$, $C_1 = (SCAz)$, $\alpha = \beta = 1$. Si donc le rapport actuel $\frac{(Cl)}{(SCAz)}$ est égal à k ou obtient $e = 0$, l'équilibre chimique coïncide avec l'équilibre électrolytique. La constante k de l'équilibre chimique ne dépend que de la température, la force électromotrice e est par suite une fonction de deux variables seulement : la température et la valeur actuelle du rapport $\frac{(Cl)}{(SCAz)}$. On peut donc calculer, pour une valeur donnée du rapport $\frac{(Cl)}{(SCAz)}$, quelle estla température qui annule la force électromotrice, et procéder ensuite à une vérification expérimentale. Voici les résultats obtenus :

	Trouvé.	Calculé.
Chaîne galvanique I . . .	42°,3	41°,3
» » II . . .	9°,2	7°,6

Au-dessous de cette température l'élément

travaille dans le sens exothermique, au-dessus la polarité de l'élément est renversée et la réaction est endothermique.

Enfin on a mesuré la chaleur q de la réaction, et en appliquant une formule bien connue de van t'Hoff[1]

$$ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{q}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right),$$

on a comparé les valeurs $\frac{k2}{k1}$ ainsi calculées à celles qu'on avait tirées de la mesure des forces électromotrices à diverses températures et celles déterminées par l'analyse chimique.

Voici le tableau des valeurs trouvées au moyen de ces trois séries de mesures indépendantes :

	Analyse chimique.	Calc. par la tonalité thermique.	Calc. par la f. é. m.
$\frac{k\,20^o}{k\,39^o,9}$	1,42	1,15	1,46
$\frac{k\,0^o,8}{k\,39^o,9}$	2,08	2,06	2,05

M. Bredig, de Leipzig :

QUELQUES APPLICATIONS DE L'ARC ÉLECTRIQUE

A la suite des expériences de Drude, l'auteur essaya l'action de l'étincelle d'induction sur diverses substances organiques liquides. Parmi ces corps, les uns ne se résinifient presque pas, par exemple l'éther, la glycérine, l'acétone, les alcools méthylique, éthylique, amylique, les autres, au contraire, se résinifient beaucoup et dégagent des gaz en abondance, tels le sulfure de carbone, la benzine, l'aniline, le chlorure de benzyle, etc. Le pétrole écume et abandonne un gaz combustible, brûlant avec un flamme très éclairante.

Comme les températures très élevées déterminent principalement la formation de composés endothermiques, on remplaça, dans l'espoir d'en préparer, l'étincelle d'induction par l'arc électrique (30 volts, 6 ampères). En le faisant jaillir sous le pétrole on obtint un gaz bien éclairant qui renferme 30 p. 100 de carbures d'hydrogène lourds et environ 6 à 8 p. 100 d'acétylène ; ce gaz, semblable au gaz d'huile, donnait en brûlant 90 p. 100 de gaz carbonique (en volume).

L'auteur s'occupe de la question de savoir ce que deviennent les divers liquides, principalement les isomères et les mélanges, quand on les soumet à la haute température de l'étincelle ou de l'arc, comment leurs parties constituantes sont susceptibles de se grouper, enfin s'il existe une relation entre ces phénomènes et les réactions dues à la *décharge obscure* étudiée principalement par Berthelot et de Hemptinne.

Si l'on fait jaillir un arc électrique sous l'eau, en prenant comme électrodes des fils métalliques — zinc, plomb, platine, argent, or — ceux-ci sont réduits en une poussière extrêmement fine qui reste en suspension fort longtemps, passe à travers les filtres et donne des liquides foncés. Les suspensions de platine ne se clarifient souvent pas, même au bout de plusieurs semaines. Sans doute les vapeurs métalliques de l'arc se condensent aussitôt, dans l'eau froide, sous la forme de brouillard ; la solidification immédiate empêche la réunion en gouttelettes.

C'est ainsi qu'au moyen de l'arc on peut, sans l'aide d'aucun réducteur chimique, transformer un fil de platine en platine très finement divisé qui possède des propriétés catalytiques.

SUR L'OR SOLUBLE

M. Zsigmondy prépare des dissolutions étendues d'or en traitant par l'aldéhyde formique une solution très diluée de chlorure d'or, rendue légèrement alcaline. Si l'on concentre dans le dialyseur, l'or reste dissous et le liquide peut être partiellement privé de matières étrangères.

Une solution à 0,00005 est déjà fortement colorée en rouge rubis. On peut la concentrer davantage dans le dialyseur (jusqu'à 0,01) à une température modérée ; la liqueur se

(1) Entre des limites de température où q peut être considéré comme constant. (*Réd.*)

fonce de plus en plus, jusqu'à devenir opaque. Quand la concentration a atteint une certaine limite, l'or se précipite sur la membrane sous la forme d'une poudre noire; une fois sèche, la membrane paraît brillante et dorée. Si l'on traite cette solution rouge d'or par du sel marin ou des acides étendus, la couleur change et devient momentanément bleue, avec condensation de la matière. Une nouvelle addition de sel augmente la condensation, si bien que le métal se précipite en poudre violet-noir.

Pendant l'électrolyse, l'or se sépare à l'électrode positive sous la forme d'une poudre noire qui, après dessiccation, prend l'éclat métallique. Vient-on à séparer l'anode du liquide environnant au moyen d'une membrane, l'or se précipite sur cette membrane en poudre bleu-noir. C'est là la différence qu'il y a entre l'or colloïdal et un sel d'or dissous.

Une solution d'or dialysée peut être agitée avec du mercure sans que l'on puisse percevoir de diminution dans l'intensité de la coloration; on peut en conclure que l'or colloïdal n'a pour le mercure qu'une affinité extrêmement faible.

Un fait intéressant à connaître, c'est la formation de moisissures sur le liquide. Cette végétation enlève l'or de la solution et prend une couleur noire ou rouge sombre. Si on laisse sécher la moisissure sur un verre, la tache formée prend, sous le microscope, l'aspect d'un tissu doré. La moisissure a une telle affinité pour l'or, que souvent les liquides ont été tout à fait décolorés.

L'auteur a également préparé une *solution colloïdale d'hydrate stannique*. Laissant reposer une solution très étendue de chlorure stannique, il se dépose au bout de quelques jours de l'hydrate stannique, sous la forme d'un précipité gélatineux que, par des lavages, on peut débarrasser totalement d'acide chlorhydrique. De grandes quantités de ce précipité se liquéfient par l'addition de quelques gouttes d'ammoniaque. La solution étendue d'eau se comporte à l'électrolyse comme celle de l'or. L'hydrate stannique va se précipiter sous forme de gelée sur l'électrode positive. Après le passage du courant l'hydrate stannique déposé se redissout dans l'eau-mère; au contraire, l'or précipité sur l'anode ne se redissout plus.

Si l'on mélange les deux solutions colloïdales d'hydrate stannique et d'or, et qu'on ajoute des sels ou des acides étendus, l'or ne se sépare pas tout seul, mais il se précipite un mélange intime, rouge, d'hydrate stannique et d'or. Ce précipité est identique au *pourpre de Cassius*, aussi bien par la composition que par les propriétés. Il se dissout également dans l'ammoniaque en donnant un liquide pourpre.

La nature chimique du pourpre de Cassius est ainsi élucidée; ce corps ne serait qu'une combinaison d'or et d'hydrate stannique, pris tous deux à l'état de colloïdes.

SUR LE MONOSULFURE D'ALUMINIUM

M. Regelsberger mentionne une expérience qu'il fit il y a plus de cinq ans avec M. Kiliani (décédé depuis).

En essayant de fondre un mélange de soufre et d'aluminium au four électrique, les auteurs obtinrent non pas de l'aluminium métallique, mais une masse d'un gris jaunâtre, se solidifiant dès la sortie du four et dont la cassure cristalline semblait caractériser une espèce chimiquement définie. Cette substance dégage à l'air du gaz sulfhydrique d'une façon continue et se recouvre ainsi d'une farine blanche. Elle se décompose au contact de l'eau en donnant une vive réaction et se dissout dans les acides et les alcalis, avec un faible résidu.

L'analyse donne les résultats suivants :

$Al^2O^3 + Fe^2O^3$	84,2 p. 100
S	48,8 »
Résidu insoluble.	1,6 »

On a dosé le gaz sulfhydrique qui se dégage quand on ajoute avec précaution de l'acide chlorhydrique étendu et on en a déduit la teneur en soufre.

Ces nombres ne répondent pas au sulfure normal d'alumine Al^2S^3 qui exigerait 68 p. 100 d'alumine et 64 p. 100 de soufre.

M. Regelsberger pense être en présence de monosulfure AlS mélangé d'une certaine quantité d'alumine et de peroxyde de fer, avec un peu de silice et de résidu de charbon. La composition de l'ensemble de la matière serait alors représentée par les chiffres suivants :

Al	41,1 p. 100	= 89.9 p. 100 de AlS.
S	48,8 »	
$Al^2O^3 + Fe^2O^3$. .	6,6 »	
Résidu (SiO^2) . .	1,6 »	
Reste	1.9 »	
	100	

Si on a réellement affaire au monosulfure d'aluminium, AlS, le produit, au contact de l'eau, des alcalis ou des acides doit dégager de l'hydrogène d'après l'équation :



$$AlS + 3HCl = 3AlCl^3 + H^2S + H.$$

On recueillit ainsi 1,37 p. 100 de gaz non absorbable par la solution d'iode ou la lessive de soude; calculé 1,52 p. 100. Ce gaz est combustible, mais on n'a pas démontré que ce fût réellement de l'hydrogène.

La substance fondue avec du soufre ou projetée dans le soufre fondu conserve sensiblement la même composition ; elle ne *fixe pas de soufre* et on ne put arriver jusqu'à la formule Al^2S^3.

SUR UN FOUR ÉLECTRIQUE UNIVERSEL

Le professeur Borchers, d'Aix-la-Chapelle, décrit un four électrique de sa composition (fabriqué par la Gold-und Silberscheide Anstalt, de Francfort-sur-Main), qui permet d'employer à volonté les deux modes de chauffage électrique, soit par résistance, soit à l'aide de l'arc. La figure 1 représente la forme du four destiné au chauffage direct, c'est-à-dire celui où le corps à chauffer constitue lui-même la résistance. La chambre de chauffe est contenue dans une boîte de tôle, une plaque de terre réfractaire (chamotte) percée d'un trou laisse passer l'électrode inférieure. Une boîte de cuivre posée sur cette plaque peut être refroidie de telle sorte qu'une partie du mélange destiné à être fondu se solidifie sur les parois et protège ainsi le reste contre les impuretés. L'électrode supérieure passe à travers un couvercle. On commence par chauffer avec l'arc, puis, quand il s'est formé une couche suffisante de produit fondu, on fait plonger l'électrode supérieure dans le liquide qui sert à présent de résistance.

Pour les substances mauvaises conductrices et pour celles qui ne conduisent pas à froid, il faut employer une tige conductrice qui sert de résistance chauffante; on intercale par exemple (fig. 2) entre les deux électrodes une baguette de charbon d'environ 6 mm de diamètre. Plus tard, le produit fondu sert lui-même de résistance. Dans ce cas l'emploi d'un manteau réfrigérant est inutile.

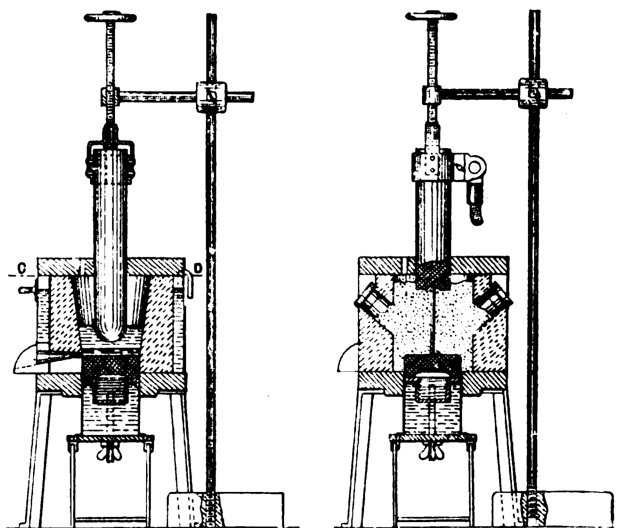


Fig. 1 et 2. — Fours électriques Borchers.

L'enveloppe réfrigérante n'est pas non plus indispensable avec le chauffage à l'arc où il ne s'agit en général que de la fusion de petites quantités de matières. L'auteur a prévu ici (fig. 3) un revêtement de pierres réfractaires

percé d'ouvertures convenables. Il est bon aussi d'utiliser des électrodes plus minces.

Enfin, dans le chauffage indirect à l'arc (fig. 4), il faut introduire les électrodes par les côtés, des ouvertures spéciales ont été ménagées à cet effet dans le revêtement latéral de pierres. Ce four possède deux autres ouvertures : l'une, à la partie supérieure, sert

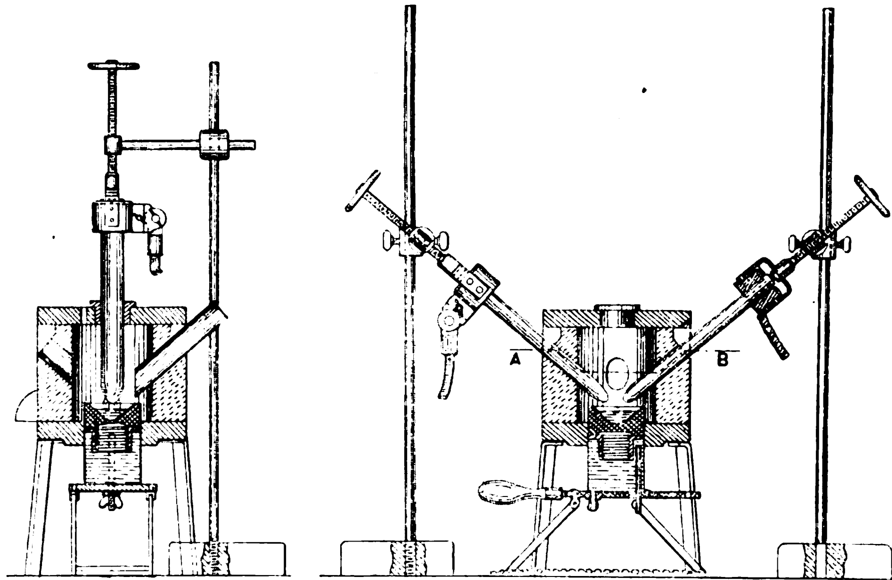


Fig. 3 et 4. — Fours électriques Borchers.

à l'introduction des matières (à travers un tube de charbon), l'autre recouverte d'une lame de mica, permet d'observer la fusion.

L'électrode inférieure est constituée par un bloc de métal ou de charbon encastré dans un vase de cuivre que l'on refroidit d'une manière continue. A l'aide d'une vis il est possible d'élever ou d'abaisser cette électrode à volonté; le vase de cuivre lui-même repose sur des pieds mobiles.

Toutes les pièces du four peuvent être changées avec la plus grande facilité.

P.-Th. Muller.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Disjoncteur électromagnétique à mercure système Tudor.

L'interrupteur H. Tudor (à Rosport, Luxembourg) est constitué par un récipient à mercure, qui, par suite d'une très faible rotation autour d'un axe horizontal, laisse couler le mercure d'une partie dans une autre, produisant ainsi une interruption rapide du courant entre mercure et mercure.

Le récipient est formé par un tube rectangulaire $g\ g_1$ qui présente aux deux angles e et e_1 deux cavités formant godets dans lesquels sont soudés deux fils de platine qui amènent le courant. Le tube est fixé dans une armature k qui peut tourner autour de l'axe $x\ x$. La quantité de mercure est juste suffisante pour que le circuit soit fermé lorsque la partie g_1 du tube est en contre-bas.

Au-dessus de l'armature, à une distance de quelques millimètres, sont disposés les

deux pôles n et s d'un électro-aimant. Il suffit d'un très petit nombre d'ampères-tours pour changer la position du tube et faire couler le mercure de g_1 en g, ce qui interrompt la liaison entre e et e_1.

Pour que l'étincelle de rupture ne produise pas d'altération, il faut qu'elle ait lieu entre deux parties de mercure ; c'est pour cela que les deux angles e et e_1 sont munis de cavités dans lesquelle le mercure reste. En outre le

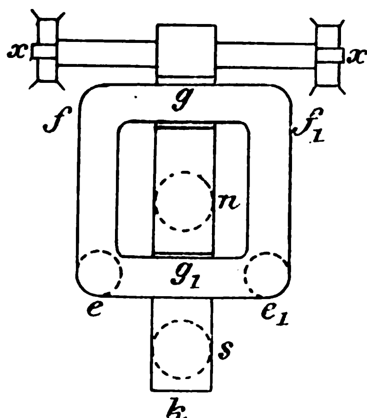


Fig. 1.

tube est vide d'air ou bien contient un gaz qui n'a pas d'action chimique sur le mercure à la haute température produite par l'étincelle. De cette façon, il y a simplement vaporisation d'une petite quantité de mercure, qui se condense sur les parois du tube et rentre ensuite dans la masse.

Afin d'obtenir une rupture rapide dans le cas des tensions plus élevées, on utilise l'action dynamique des lignes de force magnétique sur l'arc. Dans la disposition représentée par la figure 1, les lignes de force se dispersent entre n et s par suite du rétrécissement de la section de l'armature.

On peut aussi employer, dans cet appareil, un tube rectiligne, muni de godets à ses deux extrémités. L'inclinaison du tube sur le plan horizontal produira la séparation du mercure.

L'appareil décrit fonctionne comme disjoncteur quand l'excitation de l'électro-aimant dépasse une certaine valeur maxima ; mais on peut aussi produire la rupture si l'excitation descend au-dessous d'une limite déterminée : il suffit, dans ce cas, que les godets soient en f f_1 au lieu d'être en e e_1. L'interrupteur sert donc de disjoncteur à maxima ou minima suivant la façon dont on dispose le tube. G. G.

Propriétés magnétiques des tôles ;

Par W. Rohr [1].

L'auteur expose le résultat de nombreuses mesures faites au moyen de l'appareil de Kœpsel [2], qui permet le tracé des courbes d'aimantation ; cet appareil lui a donné de très bons résultats. Voici quelques-uns des nombres obtenus pour des inductions maximums voisines avec plusieurs pièces de tôle, montrant les relations du champ coercitif et de l'induction rémanente B_r avec les pertes par cycle ; η représente le coefficient de Steinmetz.

$H_{max.}$	$B_{max.}$	ÉNERGIE dissipée (en ergs par cm³ et par cycle).	CHAMP coercitif.	B_r	η
139,1	17 200	10 170	1,2	7 100	0,00168
139,6	17 500	10 000	1,6	8 550	0,00164
139,8	18 200	9 156	1,4	9 000	0,00140
140,5	17 000	9 156	1,1	7 050	0,00156
143,2	18 250	10 300	1,1	6 400	0,00166
141,1	17 600	7 170	1	6 500	0,00114
146,1	17 250	7 643	1	6 400	0,00127

Les résultats suivants sont relatifs à trois échantillons découpés dans une même pièce de tôle, l'un sur le bord, l'autre près du milieu et le troisième dans l'espace intermédiaire.

---

(1) *Elektrotechnische Zeitschrift*, 27 octobre 1898, Heft, 43, p. 712.

(2) Kœpsel, *Elektrotechnische Zeitschrift*, Heft, 25, p. 411, 1898.

	Hmax.	Bmax.	ÉNERGIE dissipée.	CHAMP coercitif.	Br	η
I	4	6050	876	− 0,1 / + 0.4	+ 3200 / − 1200	0,000779
II	4	5900	987	− 0,5 / + 0,75	+ 2300 / − 3400	0,000914
III	4	6200	1115	− 0,65 / + 0.7	+ 3000 / − 3200	0,000941

Ainsi les propriétés magnétiques de ces trois parties d'une même lame sont sensiblement différentes; le premier échantillon est préférable, l'énergie dissipée y étant le plus faible; le fait que les parties périphériques sont meilleures que les autres semble à l'auteur provenir de ce que lorsque les plaques sont chauffées, elles sont réunies en paquet, de sorte que les parties centrales sont protégées.

Les propriétés magnétiques de la tôle sont améliorées par la présence d'une proportion assez forte de carbone; le manganèse n'a pas grande influence, au contraire de ce qui a été soutenu souvent.

M. Rohr a fait aussi plusieurs séries d'expériences en mesurant la perte d'énergie au moyen d'un wattmètre; comme les courants de Foucault ne sont pas négligeables dans ces expériences, il calcule la perte d'énergie à laquelle ils donnent lieu et, en la retranchant de la perte totale, il obtient la perte par hystérésis. Ce procédé semble peu correct parce que, puisque les courants de Foucault ont une certaine importance, ils doivent protéger plus ou moins les parties centrales des lames de tôle contre l'action du champ alternatif; cependant les valeurs du coefficient de Steinmetz ainsi trouvées sont du même ordre que ceux obtenus par la méthode précédente pour des tôles de même nature.

Dans le tableau suivant sont réunis les nombres correspondant aux valeurs de l'induction de 1000 en 1000; l'auteur les obtient en interpolant les résultats obtenus pour des valeurs croissantes de l'induction maximum; les pertes sont données en watts (par seconde) par décimètre cube; la fréquence était de 51.

Bmax.	PERTE totale.	PERTE par les courants de Foucault.	PERTE par hystérésis.	η
2000	1,6	0,4	1,2	0,001230
3000	3,10	0,9	2,2	0,001180
4000	5,10	1,6	3,5	0,001183
5000	7,50	2,5	5	0,001180
6000	10,30	3,6	6,7	0,001183
7000	13,40	4,9	8,5	0,001182
8000	16,35	6,4	10,55	0,001179
9000	20,90	8,1	12,8	0,001180

Ch. Maurain.

Quelques essais sur les génératrices asynchrones à champ tournant;

Par A.-F. Mac Kissick [1].

L'auteur rappelle que quelques ingénieurs et plus spécialement M. C.-P. Steinmetz ont signalé la réversibilité du moteur asynchrone et son emploi comme génératrice, lorsqu'il est conduit par un moteur l'actionnant à une vitesse supérieure à celle du synchronisme.

Nous dirons à nouveau, à ce sujet, que c'est à MM. Hutin et Leblanc qu'on doit le principe des machines génératrices asynchrones, machines dont ils ont donné la théorie pour la première fois, en 1891, dans leur magistrale étude sur les courants alternatifs et leur application au transport de l'énergie [2], et qu'ils ont désigné ultérieurement sous le nom de machines à renforcement de courant.

Dans une conférence faite à l'American Institut of Electrical Engineers par M. C.-P. Steinmetz, en juin 1897, et analysée dans cette revue [3], ce savant résume les proprié-

(1) *Electrical World* du 3 septembre 1898.

(2) Voir *La Lumière Électrique*, t. XL, p. 874, 1891; et la note de M. Leblanc publiée plus loin, p. 457.

(3) Voir *L'Éclairage Électrique* : « Moteurs asynchrones », par M. Steinmetz, t. XIII, p. 510, 1897.

tés des génératrices asynchrones et signale en particulier « que dans ces machines, pour une tension constante, à chaque valeur de la puissance fournie correspond un facteur de puissance déterminé, c'est-à-dire que si l'on utilise une certaine puissance, le circuit d'utilisation doit avoir un facteur de puissance déterminé; si le cos φ de la charge change, le courant et la tension de la génératrice asynchrone doivent changer conjointement. La conséquence de ceci est, en général, que la machine à renforcement de courant n'est stable que si une partie de la charge est constituée par des moteurs synchrones ».

Cette particularité ne constitue pas un désavantage, car à part le cas signalé également par MM. Hutin et Leblanc, où l'on emploie des condensateurs pour fournir les courants d'excitation de la machine à renforcement de courant, l'excitation de cette machine exige toujours un alternateur et un moteur synchrone qui donnent les courants déwattés que la génératrice asynchrone ne peut fournir.

M. Steinmetz, dit M. Kissick, signale aussi que la génératrice asynchrone peut fonctionner à différentes vitesses, tout en donnant des courants de fréquence fixe. Ceci n'a rien que de très naturel, puisque la fréquence est donnée par le moteur synchrone ou l'alternateur ordinaire qu'on peut astreindre à conserver la même vitesse, en augmentant celle de la machine à renforcement de courant avec la charge, pour qu'il en soit bien ainsi.

Une propriété intéressante également est qu'une même machine peut donner une plus grande puissance lorsqu'elle est utilisée comme génératrice que lorsqu'elle est employée comme moteur.

Les résultats obtenus s'accordent bien avec la théorie des machines génératrices asynchrones.

Les essais de M. Kissick ont été faits avec un moteur d'induction à courants triphasés, de la General Electric, à induit mobile et avec résistances pour le démarrage. La puissance de ce moteur était de 5 chevaux sous 220 volts, son nombre de pôles, 6 ; et sa fréquence, 60; il était dans son emploi comme génératrice asynchrone, conduit par moteur Thomson Houston à courant continu de 10 chevaux sous 110 volts.

La dynamo employée comme alternateur

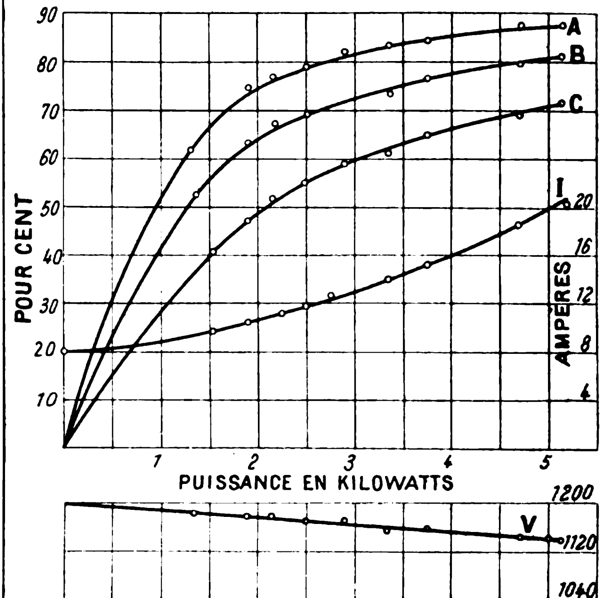


Fig. 1. — Caractéristiques d'un moteur asynchrone à courants triphasés de la General Electric en fonction de la puissance fournie au primaire.

A Courbe du rendement.
B Courbe du facteur de puissance.
C Courbe du rendement apparent (rapport du travail par seconde produit sur l'arbre à la puissance apparente fournie au moteur.)
I Courbe de l'intensité du courant.
V Courbe de la vitesse.

ou moteur synchrone était une génératrice « Ideal » de 5 kilowatts à 60 périodes et 220 volts; elle était conduite par une transmission et pouvait par courroie commander une petite dynamo Edison de 3 000 watts à 125 volts. La courroie de commande de la transmission servait uniquement au démarrage ; on la faisait ensuite tomber pour laisser l'alternateur fonctionner comme moteur à vide, ou entraînant la dynamo Edison.

Les courbes de la figure 1 sont relatives au fonctionnement de la machine d'induction comme moteur asynchrone ordinaire.

Courbe de magnétisation. — La mise en route de la génératrice se faisait ainsi : on mettait d'abord en vitesse l'alternateur conduit

par les transmissions, puis on faisait démarrer la génératrice asynchrone comme moteur asynchrone ainsi que son moteur. Cette génératrice en vitesse, on envoyait le courant dans son moteur — qui l'amenait à une vitesse voisine du synchronisme — et on faisait sauter la courroie de l'alternateur ordinaire fonctionnant dès lors comme moteur synchrone conduit par la génératrice à renforcement de courant.

En faisant varier, pour une vitesse constante, le courant d'excitation du moteur synchrone, l'on faisait varier la tension aux bornes de la génératrice asynchrone, et l'on obtenait ainsi la caractéristique à vide A de cette génératrice représentée par la figure 2.

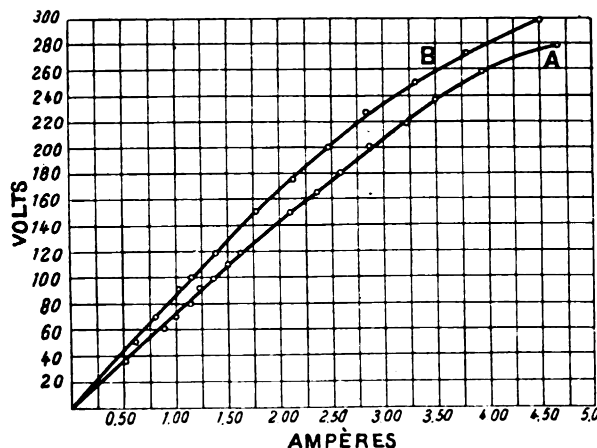


Fig. 2. — Caractéristiques à vide, à vitesse constante, ou courbe de magnétisation d'une génératrice d'induction et du moteur synchrone fournissant un courant d'excitation en fonction du courant d'excitation du moteur synchrone.

A Générateur d'induction.
B Moteur synchrone.

La courbe B est la caractéristique de l'alternateur ordinaire, elle diffère peu de la précédente ; la différence est la chute de tension dans l'alternateur ordinaire, due au passage du courant d'excitation de la génératrice à renforcement de courant.

Essais avec charge du moteur synchrone.— Les courbes de la figure 3 sont relatives au facteur de puissance et à l'intensité du courant qui traverse la dynamo asynchrone lorsqu'on charge le moteur synchrone, en laissant la tension et la vitesse constante. Dans le calcul de la courbe du rendement de la génératrice, le travail perdu par l'excitation du moteur synchrone a été imputé à ce dernier.

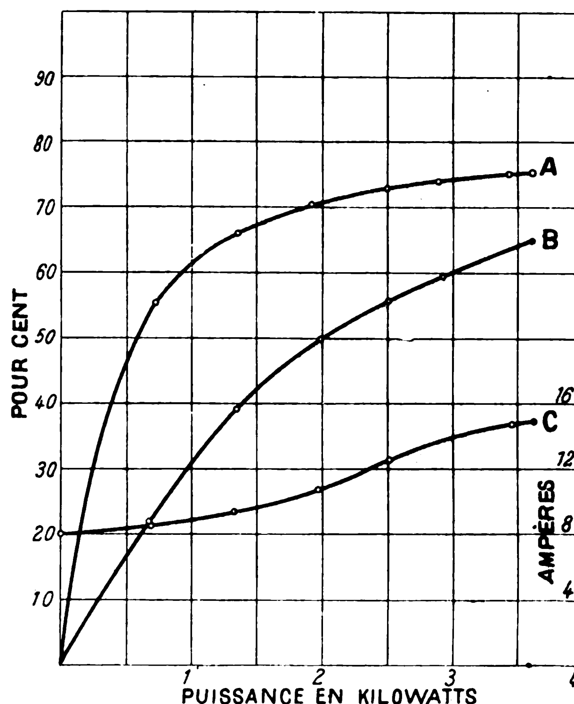


Fig. 3. — Courbes du rendement, du cos φ et du courant dans une génératrice asynchrone avec charge variable du moteur synchrone fournissant le courant d'excitation à la génératrice.

A Courbe du rendement.
B Courbe du facteur de puissance.
C Courbe du courant.

La figure 4 se rapporte à des essais analogues aux précédents, mais la charge du moteur synchrone est laissée fixe et l'on fait varier uniquement le courant d'excitation du moteur synchrone, et par suite la tension aux bornes. Elles représentent les courbes du courant et du facteur de puissance en fonction du courant d'excitation du moteur ou de la tension aux bornes.

La courbe A du courant dans la génératrice en fonction du courant d'excitation d'après M. Kissick, est à rapprocher des courbes en V bien connues des moteurs synchrones alimentés à potentiel constant et

représentant la variation du courant en fonction de l'excitation du moteur.

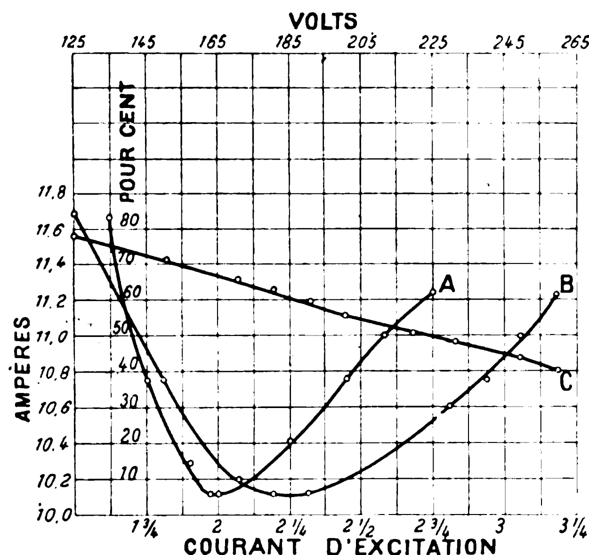


Fig. 4. — Courbe du courant dans une génératrice asynchrone en fonction du courant d'excitation du moteur synchrone et courbes de ce courant et du cos φ en fonction de la tension aux bornes pour une charge fixe, du moteur synchrone.

A Courbe du courant dans la génératrice et fonction du courant d'excitation du moteur synchrone.
B Courbe du courant dans la génératrice en fonction de la tension aux bornes.
C Courbe du facteur de puissance en fonction de la tension aux bornes.

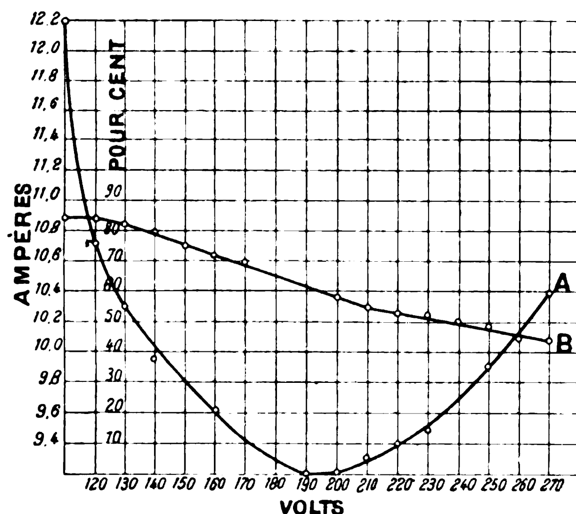


Fig. 5. — Courbe du courant et du cos φ dans un moteur asynchrone en fonction de la tension aux bornes pour une charge constante du moteur.

A Courbe du courant
B Courbe du facteur de puissance.

Cette courbe A est également à comparer à la courbe A de la figure 5 qui représente le courant dans la même machine asynchrone fonctionnant comme moteur avec une charge constante lorsqu'on fait varier la tension aux bornes.

Remarquons enfin que dans les deux cas le cos φ décroît uniformément lorsque la tension augmente [1].

Essais de la génératrice asynchrone sur un circuit de lampes à incandescence. — Au lieu

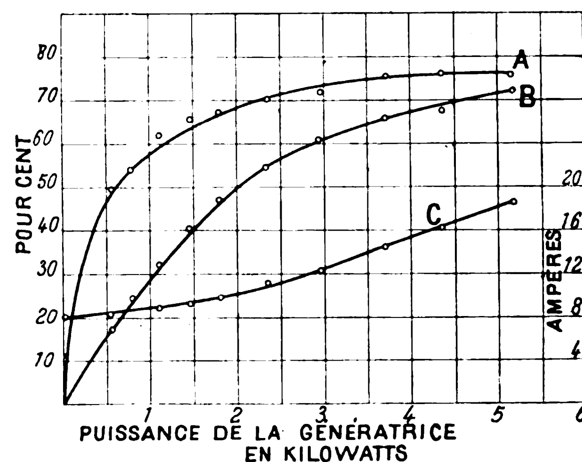


Fig. 6. — Courbe du rendement du facteur de puissance et du courant dans une génératrice asynchrone à vitesse constante fonctionnant sur un circuit sans induction en fonction de la puissance totale fournie par la génératrice.

A Courbe du rendement.
B Courbe du facteur de puissance.
C Courbe du courant.

de charger le moteur synchrone, on l'a laissé à vide et on a branché un circuit de lampes à incandescence aux bornes de l'ensemble. Les

[1] La comparaison des courbes A des figures 4 et 5 avec les courbes en V nous parait sans aucun intérêt. Il n'y a en effet qu'une simple analogie de forme due uniquement à l'emploi d'une échelle spéciale pour les ampères et à la limitation malheureuse des parties de courbes représentées.

Aucune analogie de phénomène n'est possible, puisque le facteur de puissance décroît progressivement lorsque la tension augmente au lieu de passer par un maximum très voisin de l'unité.

La cause de ces formes particulières des courbes tient très probablement à la variation de la perméabilité magnétique, variation qui peut influer assez sensiblement sur la valeur de la résistance magnétique en fonction de l'induction par suite des entrefers très petits que l'on a coutume d'employer en Amérique pour les moteurs asynchrones. C. F. G.

courbes de la figure 6 sont obtenues en faisant varier le nombre de lampes en circuit et en laissant la vitesse et la tension constantes; les courbes de rendement et du facteur de puissance sont évaluées en fonction de la puissance fournie par la génératrice (appareils de mesure placés dans le circuit de la génératrice).

Sur la figure 7 on a tenu compte de ce

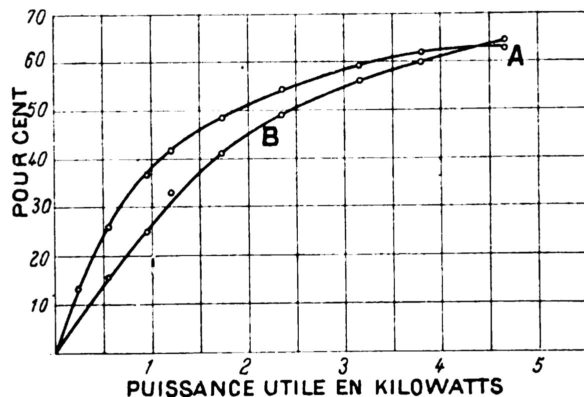


Fig. 7. — Courbes du rendement et du facteur de puissance dans une génératrice asynchrone à vitesse constante fonctionnant sur un circuit non inductif en fonction de la puissance fournie du circuit d'utilisation seul.

A Courbe du rendement.
B Courbe du facteur de puissance.

que l'énergie communiquée au moteur synchrone et celle nécessaire à son excitation doivent être regardées comme des pertes de l'alternateur asynchrone diminuant son rendement et le facteur de puissance réel, c'est-à-dire le rapport de la puissance réellement utilisée à la puissance apparente.

Fonctionnement synchrone de l'alternateur ordinaire. — Maintenant le voltage constant, on a fait varier la vitesse de la génératrice asynchrone, pour vérifier ce fait bien connu du reste de ceux qui ont étudié la question des génératrices à renforcement de courant, que le moteur constitué par l'alternateur ordinaire est synchronisé à la génératrice au glissement près ([1]) et par suite que pour une charge constante, à vide, par exemple, leurs vitesses augmentent proportionnellement.

Essais de la génératrice asynchrone à fréquence constante. — Dans les essais précédents, la vitesse de la génératrice ayant été laissée constante, celle du moteur synchrone, et par suite la fréquence diminuait avec la charge. Dans une nouvelle série d'essais on a laissé la courroie conduisant l'alternateur ordinaire après le démarrage et l'on a augmenté progressivement la vitesse de la génératrice asynchrone. Dans ces conditions, le moteur synchrone fournissait du travail à la transmission et à peu près proportionnellement à l'accroissement de vitesse de la génératrice par rapport à celle du moteur.

Les résultats sont représentés sur la fig. 8,

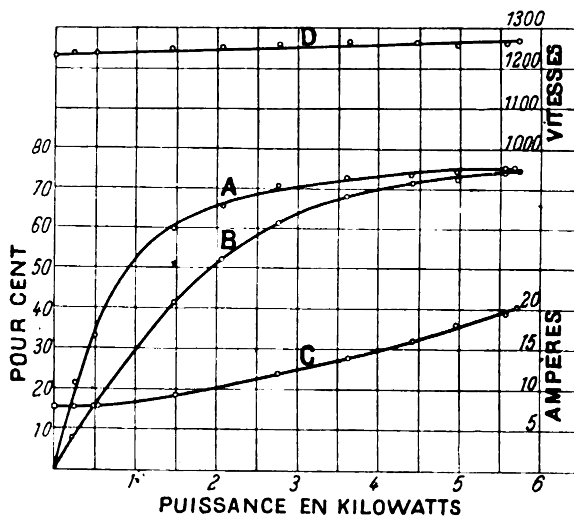


Fig. 8. — Courbes du rendement, du facteur de puissance, du courant et de la vitesse dans une génératrice asynchrone à fréquence constante en fonction de la puissance fournie.

A Courbe du rendement.
B Courbe du facteur de puissance.
C Courbe du courant.

où les courbes A, B, C, D du rendement du $\cos \varphi$ du courant et de la vitesse sont rapportées à la puissance fournie par la génératrice.

La figure 9 donne les lectures faites simultanément sur les deux wattmètres employés pour la mesure de la puissance d'un appareil à courants triphasés, lectures dont la somme algébrique donne, comme on le sait,

([1]) Voir *L'Éclairage Électrique*. C.-F. Guilbert : « La théorie du transformateur général de M. Steinmetz », t. VII, p. 97, 1897.

la puissance totale fournie ou absorbée par

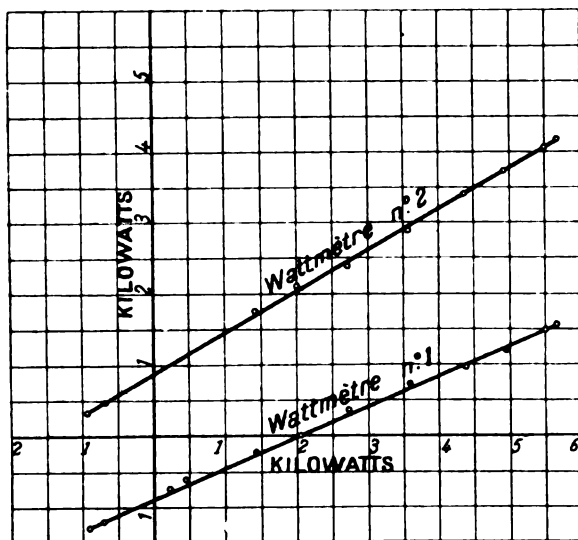


Fig. 9. — Lectures sur les deux wattmètres employés pour la mesure de la puissance absorbée ou fournie par le moteur ou la génératrice asynchrone.

l'appareil en question. Les mesures faites

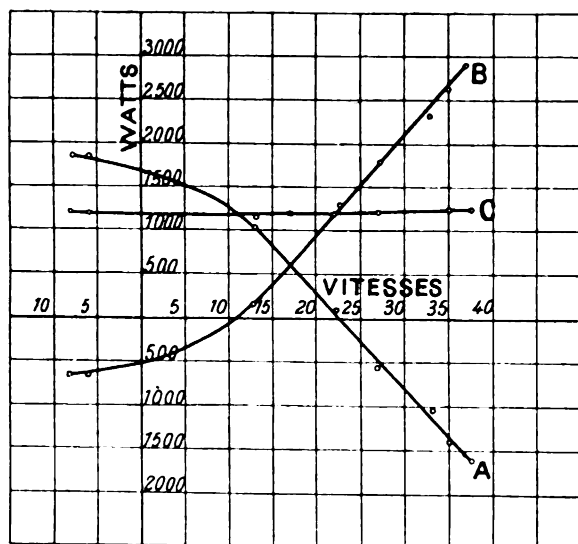


Fig. 10. — Courbes de puissance absorbée ou fournie par la dynamo asynchrone, l'alternateur ordinaire et le circuit extérieur sans induction (et à charge constante) en fonction de l'augmentation de vitesse au-dessus du synchronisme.

A Courbe de puissance de l'alternateur ordinaire.
B Courbe de puissance de la génératrice asynchrone.
C Courbe de puissance absorbée par les lampes à incandescence.

sur chacun d'eux sont représentées en fonction de la puissance totale reçue ou fournie; la partie négative des abscisses correspond au fonctionnement comme moteur asynchrone et la partie positive au fonctionnement en génératrice. Dans ce dernier cas, les lectures du wattmètre n° 1, d'abord négatives, s'annulent pour une puissance totale de 2 000 watts; dans ce cas, le facteur de puissance est égal à 0,5 et le décalage à 60°; pour des décalages plus faibles, les deux lectures sont positives.

Dans une nouvelle série faite dans les mêmes conditions que la précédente, on a chargé la génératrice à la fois avec le moteur synchrone fournissant à la transmission un travail variable avec la vitesse de la génératrice et un travail constant à un circuit de lampes à incandescence. Ces essais sont portés sur la figure 10, où l'on a représenté les puissances A et B fournies ou reçues par la génératrice et le moteur synchrone et celle C absorbée par le circuit extérieur en fonction de l'augmentation de vitesse de la génératrice asynchrone au-dessus du synchronisme. Au-dessous du synchronisme, c'est évidemment l'alternateur ordinaire qui fournit la puissance nécessaire au moteur asynchrone et au circuit extérieur; toutefois, dès qu'on a dépassé le synchronisme, la machine asynchrone ne fonctionne comme génératrice que lorsque l'augmentation de la vitesse angulaire par minute est de 11 tours [1]. Cette augmentation doit atteindre 22 tours, pour que la puissance consommée soit entièrement fournie par la génératrice à renforcement, c'est-à-dire pour que l'alternateur ordinaire fonctionne comme moteur.

M. Kissick a cherché à vérifier le fait signalé qu'une génératrice peut fonctionner à différentes vitesses et cependant donner la même fréquence. Dans ce but, cet ingénieur avait,

[1] Le fait que le fonctionnement en génératrice ne commence, en pratique, pas immédiatement après le synchronisme tient à ce que la machine a d'abord à fournir l'énergie dissipée en frottement, hystérésis et en courants de Foucault et n'est, par suite, nullement en désaccord avec les théories connues des machines à renforcement de courant. C.-F. G.

dans l'expérience précédente, connecté aux bornes du circuit d'utilisation un petit moteur asynchrone fonctionnant à vide. Une variation de vitesse de 20 p. 100 au-dessus du synchronisme n'a aucunement affecté la vitesse de ce petit moteur qui est restée presque synchronique à celle du moteur synchrone, ce qui n'a rien que de très naturel, après ce que nous avons dit, la vitesse du moteur synchrone étant en effet maintenue constante; par le fait que ce moteur fournissait de la puissance mécanique à une transmission à vitesse constante, l'augmentation de vitesse de la génératrice asynchrone n'avait d'autre effet que d'augmenter la puissance mécanique fournie à la transmission.

Fonctionnement de la génératrice asynchrone comme survolteur. — L'usage le plus probable de la génératrice asynchrone, d'après M. Kissick, serait un emploi comme survolteur[1]. Dans ce cas, l'inducteur serait disposé en série avec la ligne et porté à une certaine vitesse supérieure à celle du synchronisme; dans ces conditions, la tension induite dans ce moteur serait à peu près proportionnelle au courant, et pour un courant donné, proportionnelle à l'augmentation de vitesse au synchronisme.

Dans les essais faits pour vérifier ce mode d'emploi, la génératrice asynchrone et l'alternateur qui ont servi aux essais précédents ont été mis en série comme machines à courant alternatif simple avec un réseau de lampes à incandescence.

Deux séries d'essais ont été faites, l'une en maintenant constante la vitesse du *survolteur asynchrone*, l'autre en faisant varier cette vitesse dans de larges limites.

[1] L'emploi d'une génératrice asynchrone comme survolteur n'est qu'un cas particulier du groupement en série d'un ou plusieurs alternateurs asynchrones avec un alternateur ordinaire proposés par MM. Hutin et Leblanc que le travail a été plus haut. Il présente, sur le survolteur fixe à courants alternatifs, comme on va le voir, l'avantage de pouvoir agir automatiquement, mais il y a un rendement de quelques pour cent faible.

Dans le premier cas, la vitesse était maintenue égale à 1 300 (la vitesse correspondant

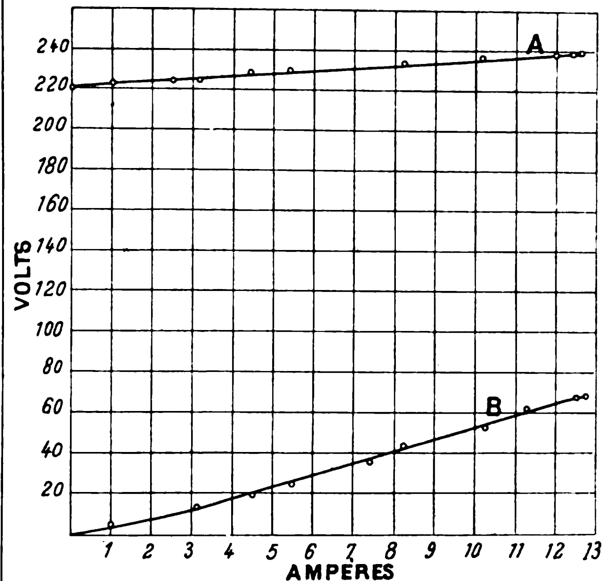


Fig. 11. — Fonctionnement d'une génératrice asynchrone comme survolteur, courbes des tensions aux bornes du circuit d'utilisation et du survolteur pour une tension constante aux bornes de l'alternateur.

A Tension aux bornes des lampes.
B Tension aux bornes du survolteur.

au synchronisme était de 1 230 tours) et les lampes mises en cuivre successivement.

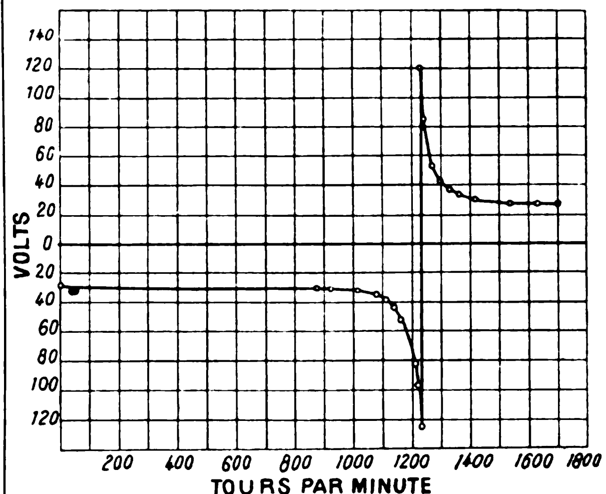


Fig. 12. — Variation de la tension aux bornes d'un survolteur asynchrone en fonction de sa vitesse pour une tension constante aux bornes de l'alternateur et une résistance constante du réseau d'utilisation.

La figure 11 représente la tension aux

bornes des lampes et celle aux bornes du survolteur en fonction du débit.

Dans le second essai, le nombre de lampes en service et la tension aux bornes de l'alternateur ordinaire étaient constants. Les résultats sont représentés sur les figures 12, 13 et 14.

La première se rapporte à la différence de potentiel aux bornes du survolteur en fonction de sa vitesse. Au repos, la tension absorbée est de 20 volts; cette tension s'accroît d'abord faiblement, puis rapidement avec la

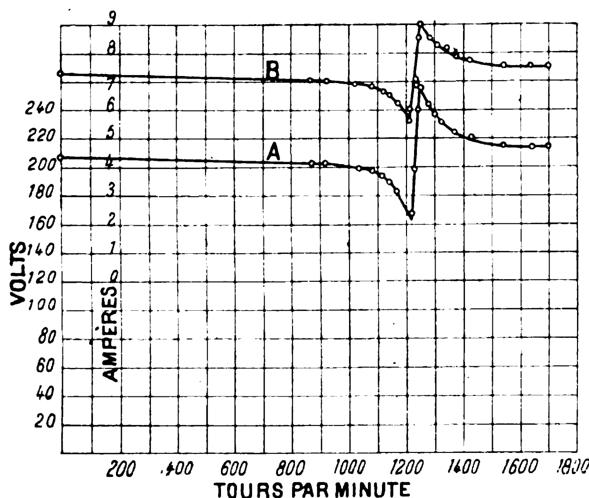


Fig. 13. — Variation de la tension aux bornes d'un circuit d'utilisation de résistance constante et du courant qui le traverse en fonction de la vitesse d'un survolteur asynchrone placé en série avec ce circuit et par une tension constante aux bornes de l'alternateur.

A Tension aux bornes des lampes
B Courant dans les lampes.

vitesse et atteint 125 volts à la vitesse correspondant au synchronisme, puis change brusquement de sens pour prendre une valeur égale et contraire, l'appareil fonctionne alors comme survolteur, mais la tension diminue ensuite avec l'augmentation de vitesse.

La seconde figure 13 représente la tension aux lampes et le courant toujours en fonction de la vitesse du survolteur.

Ces courbes des figures 12 et 13, bien que prises dans des conditions différentes, ont une ressemblance étroite avec celles du couple en fonction du glissement, positif ou négatif, dans un moteur ou générateur asynchrone (¹).

La courbe de la figure 14 montre la variation de la tension aux bornes du survolteur et des lampes lorsqu'on emploie les coordonnées bipolaires. La courbe est alors le lieu du sommet B du triangle des tensions A B C, dont le côté A C de longueur constante re-

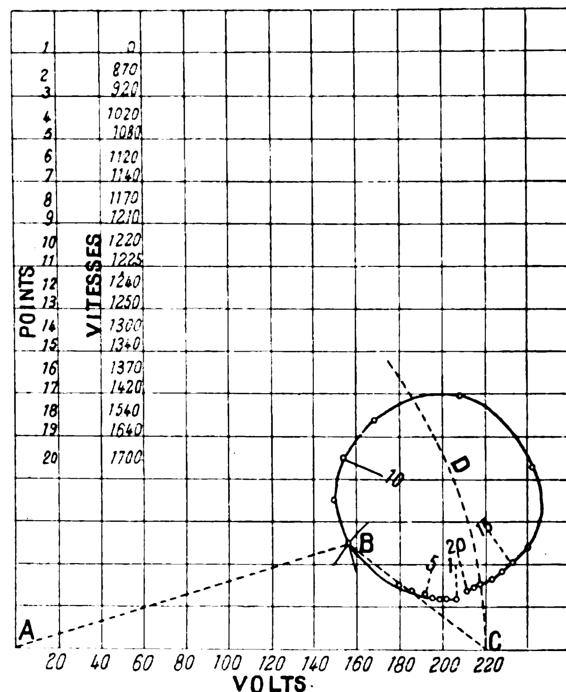


Fig. 14. — Courbe bi-polaire des variations de la tension aux bornes d'un circuit de résistance constante et d'un survolteur placé en série avec lien en fonction de la vitesse du survolteur et pour une tension croissante aux bornes de l'alternateur.

présente la tension aux bornes de l'alternateur, et les côtés A B et B C les tensions aux bornes des lampes et du survolteur. Tous les points situés du côté de la concavité de la courbe D C correspondent à un abaissement de tension dû au moteur asynchrone (vitesse au-dessous du synchronisme) et ceux du côté de la convexité à une augmentation de tension due au survolteur. Les vitesses correspondant aux points

(¹) Voir par exemple. *L'Éclairage Électrique* : « Moteurs asynchrones », par M. Steinmetz, fig. 8, t. XIII, p. 514, 1897.

de la courbe sont données sur un tableau avec le numéro du point en regard. C.-F. G.

Sur les machines d'induction employées comme génératrices ou réceptrices de courants alternatifs simples ou polyphasés;

Par Maurice LEBLANC.

« Nous avons démontré, en 1890, que, si l'on désignait par $2n$ le nombre des pôles d'une machine d'induction, par ω sa vitesse de rotation et par α la fréquence de la différence de potentiels maintenue entre les conducteurs du réseau sur lequel sont branchés ses circuits inducteurs, la machine fonctionnait comme moteur tant que l'on avait $\omega < \frac{\alpha}{n}$, mais que, pour rendre $\omega > \frac{\alpha}{n}$, il fallait dépenser du travail et qu'alors la machine fournissait de l'énergie au réseau, au lieu de lui en prendre.

» Nous avons eu, depuis l'occasion de vérifier ce phénomène de la manière suivante. Ayant couplé une machine d'induction et un alternateur que conduisaient séparément deux turbines, nous avons pu supprimer à volonté l'arrivée de l'eau dans l'une ou l'autre des turbines sans qu'aucune d'elles ne s'arrêtât. On constatait seulement que la machine asynchrone tournait plus vite que l'alternateur lorsqu'elle servait de génératrice et réciproquement.

» Nous avons appliqué, en 1892, cette propriété des machines d'induction, pour assurer la stabilité de la marche asynchrone des alternateurs accouplés. Pour cela, nous avons disposé dans les épanouissements polaires des alternateurs, aussi près que possible de l'entrefer, un écran magnétique conducteur formé de barres de cuivre parallèles à l'axe de la machine et dont toutes les extrémités étaient réunies.

» Une machine ainsi constituée peut être considérée comme formée par la réunion, sur un même arbre, d'un alternateur et d'une machine d'induction, l'armature de l'alternateur servant d'inducteur à la machine d'induction. Si la vitesse ω devient supérieure à $\frac{\alpha}{n}$, immédiatement, la machine d'induction fait l'office de frein; au contraire, si la vitesse ω devient inférieure à $\frac{\alpha}{n}$, la machine d'induction développe un couple moteur.

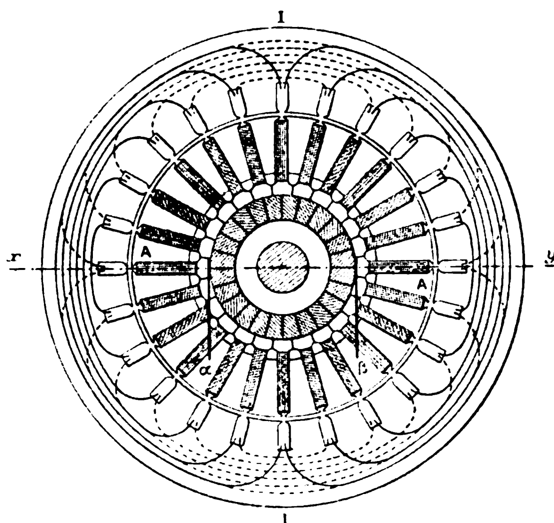


Fig. 1.

» Un grand nombre d'applications de ce procédé ont été faites, toujours avec succès, sur des alternateurs dont la puissance s'est élevée jusqu'à 600 kilowatts, comme ceux construits par la maison Farcot pour le secteur des Champs-Élysées, à Paris. Il a été constaté, en particulier, sur des alternateurs de 250 kilowatts à la vitesse de 67 tours, également construits par la maison Farcot pour l'usine électrique de Saint-Ouen, qu'il devenait possible d'accoupler deux de ces alternateurs, alors que les manivelles de leurs machines à vapeur se trouvaient à angle droit. On obtenait ainsi la même régularité de marche que si les machines à vapeur eussent été jumelées.

» Si ce procédé assure la sécurité du fonctionnement d'alternateurs accouplés en parallèle, il n'en nécessite pas moins la synchro-

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 813, séance du 21 novembre 1898.

nisation préalable, par des procédés purement mécaniques, de tout alternateur que l'on veut brancher sur un réseau de distribution. Il y aurait donc intérêt à pouvoir employer comme génératrices, non plus des alternateurs, mais des machines d'induction susceptibles de s'accoupler entre elles sans être assujetties à tourner synchroniquement et dont la mise sur réseau pourrait se faire aussi simplement que celle des machines à courant continu. D'autre part, ces machines pourraient s'associer en série, comme en parallèle : leur emploi permettrait de résoudre industriellement le problème de la distribution d'énergie au moyen d'un courant alternatif simple, d'intensité constante, circulant dans un circuit en forme de boucle.

« Pour que des machines d'induction puissent être utilisées comme génératrices, il faut qu'étant adjointes à un alternateur à voltage

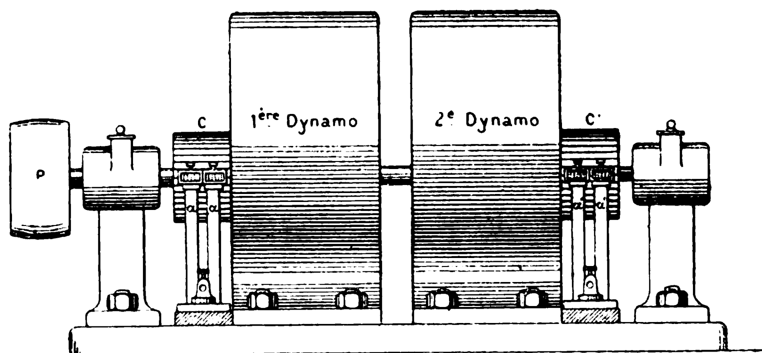


Fig. 2,

constant ou a intensité constante, elles soient capables de concourir avec lui, non seulement à la production des courants ou forces électromotrices wattés, mais aussi à celle des courants ou forces électromotrices déwattés, demandés par le service du réseau. Or une machine d'induction, à circuits induits fermés sur eux-mêmes, ne peut produire que des courants ou forces électromotrices wattés : elle absorbe, au contraire, des courants déwattés ou développe des forces contre-électromotrices déwattés.

» Il faudrait aussi pouvoir leur donner des entrefers aussi grands qu'aux alternateurs, sans que les fuites magnétiques diminuassent la grandeur maximum du couple électromagnétique d'une machine de dimensions déterminées.

» La théorie démontre que, pour obtenir ces résultats, il suffit de diminuer artificiellement le coefficient de self-induction des circuits induits des machines d'induction.

» On peut y arriver en fermant ces circuits induits sur des condensateurs électrolytiques. La fréquence des courants alternatifs qui les traversent étant celle dite *du glissement*, toujours très faible et pratiquement comprise entre 1 et 2, nous avons constaté que, pour avoir une différence de potentiels efficace de ·1 volt entre les bornes de chaque élément, il suffisait de donner à la densité du courant, à travers l'électrolyte, une valeur égale à celle des courants normaux de décharge des accumulateurs.

» Dans ces conditions, ces appareils ont bon rendement. La faiblesse de fréquence rendant très petit le travail apparent qu'ils doivent fournir, l'importance relative de la batterie de condensateurs qui doit accompagner une machine d'induction est elle-même très petite.

» On peut y arriver aussi en adaptant à une machine d'induction l'excitatrice que nous allons décrire.

» La figure 1 représente une dynamo dont l'armature AA est constituée par un anneau Paccinotti muni de son collecteur CC, sur lequel s'appuient deux balais diamétralement opposés $\alpha\beta$. La ligne xy est un diamètre pas-

sant par les points de contact des balais.

» L'inducteur II est constitué par un deuxième anneau Paccinotti à denture interne, concentrique au premier. Il est muni de deux enroulements représentés schématiquement sur la figure 1, le premier par des traits continus, le second par des traits interrompus. Un courant lancé dans le premier enroulement développera un flux dirigé suivant la ligne xy. Un courant lancé dans le second enroulement développera un flux dont la direction sera perpendiculaire à la direction xy. L'excitatrice se composera de deux machines semblables montées sur un même axe (voir fig. 2) et qu'une poulie permettra de faire tourner aussi vite que l'on voudra.

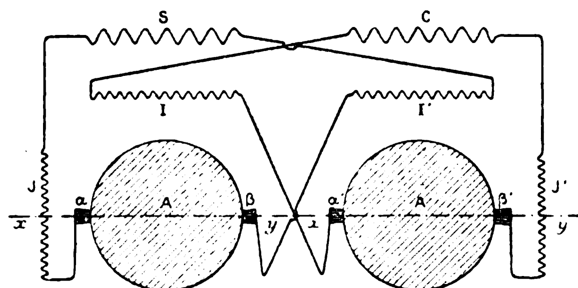


Fig. 3. — S et C, Circuits induits de la machine d'induction; A et A', les deux armatures de l'excitatrice; $\alpha\beta$ et $\alpha'\beta'$, leurs balais; J et J', les circuits inducteurs des dynamos de l'excitatrice, développant des flux dirigés suivant les lignes xy; I et I', les circuits inducteurs de ces dynamos, développant des flux dirigés suivant des directions perpendiculaires aux lignes xy.

» La machine d'induction devra avoir deux circuits induits. Ils seront reliés avec ceux de l'excitatrice comme il est représenté sur la figure 3.

» Désignons par $i_1 = a \sin 2\pi\alpha t$ et $i_2 = a \cos \pi\alpha t$ les intensités des courants issus des circuits S et C. Le courant d'intensité i_1, en traversant le circuit J, développera une force magnétisante qui devra être égale et de signe contraire à celle qu'il développera en traversant l'armature A. Les choses se passeront comme si le coefficient de self-induction apparent de cette armature était nul. Mais le circuit était traversé par le courant d'intensité $i_2 = a \cos 2\pi\alpha t$, la force électromotrice produite par la rotation de l'armature A sera égale, en désignant par K un coefficient dépendant de sa vitesse et de ses dimensions à $K\, a \cos 2\pi\alpha t$. On peut disposer, à volonté, de la grandeur et du signe de ce coefficient, et, par suite, faire en sorte que cette force électromotrice soit en avance d'un quart de période par rapport à l'intensité i_1, comme si elle était développée par l'action d'un condensateur.

» L'influence des variations de flux sur la commutation sera très petite, à cause de la faiblesse de leur fréquence. Il suffira de diviser beaucoup le collecteur et de relier ses touches aux diverses sections de l'anneau par des fils de connexion résistants, pour n'avoir à redouter la production d'aucune étincelle aux balais.

» Le travail apparent qu'aura à fournir cette excitatrice étant rendu très petit par la faiblesse de la fréquence des courants induits, ses dimensions relatives par rapport à celles de la machine d'induction qu'elle accompagnera seront les dimensions d'une excitatrice ordinaire par rapport à celles de l'alternateur qu'elle excite.

» *Emploi des machines d'induction comme réceptrices.* — Les mêmes procédés s'appliquent et permettent de réaliser des moteurs asynchrones ayant d'aussi grands entrefers que les moteurs synchrones et, comme eux, un $\cos\varphi$ aussi voisin que l'on veut de l'unité ou négatif.

» A Bourganeuf, nous avons formé sur des bacs électrolytiques les circuits induits d'un moteur asynchrone à courants triphasés, à basse tension de 120 chx. L'introduction des bacs a permis de faire tomber de 1100 à 800 ampères l'intensité dans chacun des courants inducteurs, toutes choses égales d'ailleurs. Le $\cos\varphi$ du moteur était alors pratiquement égal à 1. »

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Diélectriques en rotation dans un champ magnétique; remarques au travail de M. Campetti sur ce sujet;

Par H. Benndorf [1].

M. Duane avait, dans un premier mémoire, démontré que les diélectriques oscillant dans un champ magnétique éprouvent un amortissement que ne peuvent expliquer ni la chaleur de Joule développée dans le diélectrique, ni l'hystérésis magnétique de petites particules de fer contenues dans ce diélectrique. Dans un second mémoire, il est revenu sur ce point et a démontré qu'en réalité ce dernier phénomène suffit à expliquer la perte d'énergie observée.

Auparavant, M. Benndorf ayant calculé la quantité d'énergie produite par une sphère diélectrique en rotation dans un champ magnétique uniforme a trouvé qu'elle est insuffisante pour provoquer un amortissement appréciable.

Dans un travail récent, M. Campetti calcule aussi cette énergie et conclut qu'elle suffit à expliquer le phénomène de Duane; il pense qu'en augmentant l'intensité du champ magnétique, on peut rendre l'énergie en question du même ordre de grandeur que l'énergie cinétique de la sphère. Cependant le calcul numérique montre qu'il n'en est rien.

L'énergie correspondant à la polarisation produite par la rotation a pour valeur :

$$E = x_1 c^2 \omega^2 a^5 \frac{1 + 4R^2}{60}$$

où x_1 désigne le pouvoir inducteur spécifique de la sphère, c l'induction magnétique dans le champ supposé uniforme, ω la vitesse angulaire de la sphère, a son rayon et R une fraction numérique.

L'énergie cinétique de cette sphère est égale à :

$$U = \frac{4}{15} \pi \omega^2 a^5 \delta$$

ω étant la vitesse angulaire maxima et δ la densité.

Prenons $R = 1$ et $c = 10\,000$ unités électromagnétiques, valeurs supérieures aux valeurs que ces quantités avaient en réalité dans les expériences de Duane; ensuite $\delta = 1$, et supposons x_1 exprimé dans le système électrostatique; sa valeur dans le système électromagnétique sera :

$$\frac{x_1}{9.10^{20}}.$$

Par conséquent on a, quant à l'ordre de grandeur :

$$\frac{E}{U} = \frac{x_1}{9,10^{13}}$$

l'énergie électrique est donc environ 10^{13} fois trop petite pour qu'on puisse attribuer à l'hystérésis diélectrique le phénomène observé par Duane.

M. L.

(1) *Wied. Ann.*, LXV, p. 890-893, juillet 1898.

CHRONIQUE

Sur la valeur de l'équivalent électrochimique de l'argent. — Nous avons publié récemment (t. XVII, p. 370, 26 nov.) une note de MM. Ayrton et Jones au dernier meeting de l'Association britannique dans laquelle les auteurs décrivent un ampèremètre-balance construit dans le but d'effectuer une redétermination précise de l'équivalent électrochimique de l'argent. Au dernier meeting de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, le professeur Henry-S. Carhart présentait,

au nom du Comité des Etalons des mesures de cette Association, le rapport suivant, relatif au même sujet :

« La détermination de l'équivalent mécanique de la calorie par des méthodes électriques, telle qu'elle a été faite par Griffiths (*Phil. Trans.*, « A », 1893. *Lum. Élec.*, t. XLIX, p. 201 ; 1893, et t. LII, p. 392 ; 1894. — *Écl. Élec.*, t. II, p. 421 ; 1895), et par Schuster et Gannon (*Proc.*, *Roy. Soc.*, novembre 1894. — *Écl. Élec.*, t. II, p. 130, 1895), ayant fourni pour cet équivalent une valeur plus grande que celle déduite des résultats corrigés des expériences de Rowland, une nouvelle détermination de l'ampère en fonction de l'équivalent électrochimique d'argent s'imposait, et déjà à son meeting de Toronto, la British Association ouvrait à son comité des instruments de mesures un crédit pour lui permettre de refaire cette détermination.

» Au meeting de Détroit, de l'Association américaine, une somme de 250 fr, votée l'année précédente, a été mise à la disposition du comité pour cette année. Malgré l'insuffisance de ce crédit, des expériences pour la nouvelle détermination de l'ampère furent effectuées par les membres de ce comité dans le laboratoire de physique de Ann Arbor ; elles ont été habilement menées à bonne fin par MM. le professeur Patterson et le Dr Guthe.

» La différence constatée entre les résultats de Griffiths et ceux de Rowland est d'environ 1/400 pour toutes les températures comprises entre 15 et 25° de l'échelle du thermomètre à azote. Les résultats de Schuster et Gannon excèdent ceux de Rowland à 19,1 degrés de la même échelle d'environ 1 partie sur 500 (*John Hopkins University Circular*, juin 1898). Ces différences subsistent après la comparaison finale des thermomètres et la réduction de la température à la même échelle absolue.

» Si l'on remarque que les méthodes électriques employées pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur exigent la connaissance de l'intensité d'un courant et celle de la force électromotrice d'un élément Clark ou celle du carré de cette force électromotrice, et que la force électromotrice d'un élément Clark est déterminée à l'aide d'un voltamètre à argent, il est évident que les résultats finaux dépendent du carré d'une intensité de courant. D'autre part, si la différence est entièrement imputable à une erreur dans la valeur de l'ampère, celle de l'ohm étant admise comme correcte, la valeur exacte de l'ampère devrait être de 1/1000 à 1/800° plus grande que la valeur qui lui est attribuée actuellement. En d'autres termes, l'équivalent électrochimique de l'argent, qui est 0,001118 d'après les mesures de Lord Rayleigh, devrait être 0,0011191 ou 0,0011194 (Lord Rayleigh ne revendique pas pour ses calculs une approximation dépassant 1/1000).

» Les expériences de MM. Patterson et Guthe ont été effectuées à l'aide d'un électrodynamomètre de grandes dimensions : on équilibrait le couple de torsion d'un fil en bronze phosphoreux par le couple dû à l'action des champs magnétiques des bobines fixe et mobile. Cette méthode élimine complètement des calculs l'accélération due à la gravité. Le couple de torsion du fil était ensuite mesuré en observant la période d'oscillation d'une masse cylindrique en cuivre, de poids et dimensions connus, que l'on suspendait au fil. Cette observation se faisait après avoir placé l'appareil sous une cloche vide d'air, et c'est sans doute à cette précaution qu'est dû le succès complet des mesures.

» Dans ces conditions les vibrations pouvaient être observées prendant plusieurs heures entières ; le décrément logarithmique se maintenait presque totalement invariable et rien n'était plus facile alors que d'obtenir la courbe établissant la relation entre la température et la période d'oscillation. Le fil pouvait être transporté de la cloche à vide à l'électrodynamètre sans qu'il soit besoin de toucher aux attaches qui d'une part le maintenaient à son support et d'autre part retenaient la masse de cuivre. Enfin, d'après l'appréciation personnelle de ceux qui ont suivi les expériences dans leurs moindres détails, il est permis d'assurer qu'elles ont été conduites avec tout le soin et l'exactitude désirables et que toutes les causes d'erreurs connues ont été éliminées aussi complètement que possible.

» Le résultat de ces recherches est que l'équivalent électrochimique d'une solution d'azotate neutre d'argent, composée de 15 parties en poids de sel d'argent pour 85 parties d'eau distillée, est de 0,0011192 gramme par ampère et par seconde. Cette valeur excède celle de lord Rayleigh de 1/900e et fait disparaître la différence constatée dans l'équivalent mécanique de la chaleur.

» La modification correspondante apportée dans la valeur de la force électromotrice de l'élément Clark serait de 1,4342 à 1,4372 à 15° C. La détermination directe de la valeur de cette force électromotrice n'a pas encore été faite ; elle a été réservée pour l'année prochaine.

» Le Dr Kahle (*Wied. Ann.*, t. LIX, p. 532. *Ecl.*

Elect., t. XI, p. 82, 1897) opérant à l'aide d'un électrodynamomètre conçu par Helmholtz avec une solution neuve de sel, a obtenu, pour l'équivalent électrochimique de l'argent, la valeur 0,0011182. MM. Pellat et Potier (*Journ. de Phys.*, t. IX, p. 381, 1890. — *Lum. Élect.*, t. XXXII, p. 84, 1890) ont trouvé la même valeur que MM. Patterson et Guthe. »

La nouvelle station à courants triphasés de Boston.— Notre confrère *The Electrical Werld*, dans son numéro du 19 novembre, publie une description très détaillée de la nouvelle station à courants triphasés que la Boston Electric Light C° vient de faire construire près des chantiers de construction de navires Harrison Loring. Nous en résumerons ici les particularités les plus intéressantes.

L'ancienne station était équipée avec un matériel datant du début des applications du courant alternatif; le réseau de distribution était à l'avenant. Après une minutieuse enquête, la compagnie exploitante s'est rangée à l'avis de refaire tout à neuf, station et réseau, plutôt que de chercher à modifier les anciens appareils du système, ce qui eut été presque aussi coûteux et n'aurait jamais fourni les avantages qu'on est en droit d'attendre des perfectionnements modernes systématiquement combinés.

La nouvelle station occupe une superficie de 3 820 m² et est située à proximité d'un warf où viennent accoster les chaalnds qui lui amènent le combustible. Le rez-de-chaussée est occupé par une rangée de 8 chaudières multitubulaires Babcock et Wilcox et une rangée de moteurs à vapeur constituant 4 groupes à couplage direct.

Les chaudières ont une puissance nominale de 500 chevaux et sont groupées par paires capables d'évaporer chacune 15 560 kg d'eau par heure. Les machines de l'appareillage accessoire, telles que pompes d'alimentation, pompes de circulation d'eau pour les condenseurs, chargeurs automatiques de charbon, sont actionnées par des moteurs électriques.

Les moteurs à vapeur sont du type vertical dit « cross compound » de Mc Intosh et Seymour et ont une puissance individuelle de 2 500 chevaux. Ils entrainent chacun un alternateur triphasé de 1 500 kilowatts, à 60 cycles, de la General Electric C° dont l'inductear est claveté, côte à côte avec un volant de 50 tonnes, au milieu de l'arbre moteur.

Ces alternateurs engendrent du courant triphasé à 2 250 volts; le courant d'excitation leur est fourni par des dynamos à courant continu en nombre égal à celui des alternateurs A l'exception d'une qui est commandée par un moteur à vapeur spécial, toutes les autres sont actionnées par des moteurs synchrones.

Le tableau de distribution situé dans la salle des machines ne diffère guère des tableaux modernes pour la manipulation des courants de haute tension; il présente toutefois la particularité d'être pourvu de barre omnibus en aluminium, lesquelles sont supportées par des tablettes en marbre fixées à l'arrière du tableau.

Outre le matériel générateur ci-dessus, dont la mise en marche ne date que des premiers jours de décembre de cette année, l'usine possédera un grand nombre d'autres génératrices actuellement en montage, mais auxquelles l'énergie motrice sera fournie par les grands alternateurs. Ce sont d'abord une dynamo à courant continu de 150 kilowatts et un alternateur monophasé, de même puissance, pouvant être actionnés par un moteur synchrone de 180 kilowatts. La dynamo à courant continu est destinée à alimenter directement pendant la nuit un réseau qui, pendant le jour, sera alimenté par une sous-station avec transformateurs rotatifs; l'alternateur monophasé est destiné à alimenter un des feeders d'un circuit dans le cas où ce feeder viendrait fortuitement à être mis à la terre.

Dans la même salle, est réservé l'emplacement de 20 groupes formés chacun d'un moteur synchrone de 150 kilowatts et de deux dynamos à arc de type de la Brush Electric C°, chacune pouvant alimenter 160 lampes à arc enfermé de 7 ampères. Ces 60 machines seront alignées sur une seule rangée sur un bâti élevé.

Le réseau de distribution, entièrement souterrain, comprend des circuits d'éclairage à courants monophasés, et des circuits de force motrice à courants triphasés. La disposition des nombreux feeders d'éclairage y compris leurs groupes de transformateur est telle que le surveillant du tableau pourra à tout moment maintenir l'équilibre de la charge.

U.

Applications mécaniques de l'électricité dans la fonderie de la Reading Car Wheel C° en Pensylvanie. — Dans un de ses derniers numéros, le

Western Electrian, de Chicago, nous fournit les renseignements qui suivent sur les installations électriques de l'importante fonderie de la Reading Car Wheel C°, où sont fabriquées journellement deux cents roues de wagons.

Toutes les opérations y sont faites électriquement. Les gueuses en fonte et les roues hors d'usage sont brisées en menus morceaux au moyen d'un casse-fonte dont le pilon, du poids d'une tonne et d'une course de plus de 10 m, est mu par un moteur électrique. Les morceaux ainsi obtenus sont séparés de la terre et de la poussière par leur passage dans des cylindres tournants, actionnés électriquement; ils sont ensuite amenés par un monte-charge électrique au niveau des gueulards des cubilots de fusion, alimentés par des souffleries aussi mues électriquement. Enfin, toutes opérations du moulage et du démoulage se font à l'aide de l'énergie électrique.

L'atelier de moulage est divisé en dix travées, dans chacune desquelles se trouvent vingt moules. A une des extrémités de chaque travée se trouve une plate-forme, d'où le maître-mouleur dirige toutes les opérations au moyen de commutateurs. Près de la plate-forme est située une grande poche d'une contenance d'environ 5 tonnes, qui reçoit la fonte fondue. Cette poche peut tourner autour d'un arbre horizontal commandé par un moteur électrique, pour être vidée dans des poches plus petites. Au milieu, et d'un bout à l'autre de chaque travée, sont disposés, à une hauteur suffisante au-dessus du sol, deux rails sur lesquels roule un petit chariot. Un câble actionné par un moteur électrique placé à l'extrémité de la travée opposée à celle où se trouve la plate-forme, fait mouvoir ce chariot. Un second moteur, placé à côté du précédent, actionne un treuil sur lequel s'enroule un câble passant sur une poulie portée par le chariot. Une des petites poches remplies de fonte est attachée à l'extrémité de ce dernier câble, soulevée à une faible hauteur, puis entraînée par le chariot au-dessus de l'un des moules, où elle est déversée.

Le moulage effectué, les roues, encore rouges, sont retirées des moules et amenées, à l'aide des charriots, dans un puits creusé à l'extrémité de chaque travée. Les murs de ce puits sont en briques réfractaires; le diamètre est un peu supérieur à celui des roues. Quand toutes les roues d'une coulée sont empilées dans le puits, on ferme celui-ci de manière à obtenir un refroidissement lent.

La distribution du courant aux moteurs dont il vient d'être question, ainsi qu'aux lampes, est faite par un circuit à trois fils qu'alimente, à la tension de 200 volts, le réseau de la localité.

Suivant le directeur de la fonderie, les frais d'exploitation sont beaucoup moindres que si l'on avait eu recours à la vapeur pour actionner les nombreux moteurs des ateliers. U.

Sur l'efficacité des freins de tramways électriques. — Le 19 septembre dernier, un grave accident se produisait sur le réseau de traction électrique de Bradford, récemment inauguré : au passage en courbe de Horton, qui fait suite à une pente assez longue d'une déclivité de 7 p. 100, une voiture bondée de voyageurs versait, le mécanicien n'ayant pu modérer la vitesse pendant la descente; une cinquantaine de voyageurs étaient blessés plus ou moins grièvement, quelques-uns mortellement.

Le major Cardew, chargé par le Board of Trade de rechercher les causes de cet accident, vient de déposer son rapport où nous trouvons des renseignements intéressants sur l'efficacité des différents moyens de freinage employés sur les voitures électriques.

Des essais ont été faits sur la pente où s'est produit l'accident ; on laissait la ou les voitures rouler librement sur un parcours de 68 m, on faisait agir les freins et l'on mesurait la distance parcourue à partir de l'instant où les freins agissaient jusqu'au moment où la voiture était complètement arrêtée.

L'un des essais fut fait avec deux voitures accouplées, les freins n'agissant que sur les roues de l'une d'elles. L'arrêt se produisit après un parcours de 82 m lorsque le frein à main était employé d'une manière continue, 64 m lorsque ce même frein était manœuvré d'une manière intermittente, 62 m quand on employait le frein électrique.

D'autres essais furent faits avec une seule voiture. Le frein à main produisit l'arrêt en 33 m ; l'emploi simultané de ce frein et du frein électrique réduisit le parcours à 23 m dans un cas, et à 20 m dans un autre. Le major Cardew estime qu'à l'instant où l'on faisait agir les freins, la vitesse de la voiture était d'au moins 32 km : h.

Un frein à glissement ayant été installé récemment sur la pente où eut lieu l'accident, de nouveaux essais furent effectués le 12 novembre. Ces essais montrèrent qu'après un parcours de 68 m sur la pente, la voiture ne s'arrêtait que 164 m plus loin

avec le frein à glissement, tandis qu'elle était arrêtée en 59 m par le frein à main et en 34 m par le frein électrique.

Il semble donc résulter de ces essais que les freins à glissment n'ont pas l'efficacité qu'on leur attribue généralement et qu'ils sont inférieurs aux moyens de freinage ordinaires (freins à main et frein électrique) auxquels on peut ajouter en cas de nécessité le renversement de la marche du moteur.

Le major Cardew conclut que l'accident du 19 septembre est attribuable à une mauvaise utilisation des moyens de freinage et non à une inefficacité de ceux-ci. Il estime que la vitesse de la voiture au moment de l'accident était d'au moins 30 km : h, alors que, d'après les règlements, elle n'aurait pas dû dépasser 10 km : h. Il est convaincu que néanmoins la voiture aurait pu être arrêtée si le conducteur, aussi inexpérimenté que le mécanicien, n'avait, en serrant brusquement les freins à main, calé complètement les roues et mis ainsi le mécanicien dans l'impossibilité de faire usage du freinage électrique et du renversement du courant.

Le réseau de tramways électriques de Glascow. — L'adoption de la traction électrique dans cette ville a suivi de très près l'installation du réseau de Liverpool dont nous parlerons bientôt. La première ligne mise en exploitation a quatre kilomètres de longueur environ de double voie.

Les rails sont du type à patins et sont réunis électriquement par des joints Daniel. La distribution du courant se fait par fils aériens et la prise de courant par trôlets. Les fils sont supportés comme sur le réseau de Liverpool par des pylônes à double potence érigés dans l'entrevoie dans les parties en alignement et par des pylônes latéraux dans les courbes. Les premiers présentent cette particularité, qui les distinguent de ceux de Liverpool, que les fils à trôlet, au lieu d'être fixés à des supports rigides, sont suspendus à un câble en acier qui réunit les deux extrémités de la potence, donnant à celle-ci l'apparence d'une arbalète. Ce dispositif a pour but de diminuer, en rendant la suspension plus élastique, les efforts d'arrachement que le fil exerce sur ses attaches quand il est mis en mouvement soit par le vent, soit par le trôlet lui-même.

La ligne est alimentée, par sections de 800 m environ chacune, par des feeders aboutissant à des postes spéciaux aménagés dans la base des pylônes. Le trafic actuel est assuré par 23 voitures motrices, 21 d'entre elles sont à double boggie et entrée latérale ; les deux autres sont des voitures à impériale montées sur trucks rigides. Toutes sont pourvues de deux moteurs de 35 chevaux, des types de la Westinghouse Electric C° et de la British Thomson-Houston C°, compagnies entre lesquelles la commande a été partagée.

La station génératrice est située à quelques cents mètres du point terminus de Springburn. Le matériel générateur comprend une batterie de chaudières Babcock et Wilcox et trois groupes de machines formés chacun d'un moteur a vapeur Blackwell et C° et d'une dynamo multipolaire Westinghouse.

Les chaudières ne présentent pas d'autres particularités que celle d'être pourvues d'appareils de chargement automatique des foyers. Les machines à vapeur sont horizontales, du genre Corliss, et fonctionnent avec condensation. Les dynamos produisent 380 ampères sous 550 volts pour 200 révolutions par minute de l'induit.

Le tableau de distribution est du modèle spécial pour tramways de la Westinghouse Electric C° ; sa disposition dans la salle des machines permet l'inspection facile des appareils qui sont installés sur l'une et l'autre de ses faces.

La vitesse moyenne des voitures en ville est d'environ 12 km à l'heure, — le parcours total étant effectué en 20 minutes. — Le tarif pour chacune des trois sections de la ligne est de 5 centimes par place, et pour le trajet entier, de 15 centimes. U.

Emploi de l'aluminium dans les bains de laitonnage. — D'après *The Aluminium World*, l'addition d'aluminium à ces bains aurait pour effet d'éviter les soufflures des dépôts et d'augmenter dans une forte proportion leur résistance mécanique. Avec 1 p. 100 d'aluminium, l'effet commence à être perceptible ; on peut aller jusqu'à 10 p. 100.

L'aluminium est ajouté aux bains sous forme d'alliage zinc-aluminium contenant de 5 à 10 p. 100 du dernier métal. Cet alliage s'obtient en ajoutant la quantité convenable de zinc dans de l'aluminium en fusion dans un creuset de graphite.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. **Samedi 17 Décembre 1898** **6e Année. — N° 51.**

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

THÉORIE DES MOTEURS A COURANTS ALTERNATIFS AVEC COLLECTEUR

Nous prendrons comme exemple un moteur de ce genre, construit d'une façon courante aux usines du Creusot [1] : c'est un moteur en série à quatre pôles, dont l'inducteur est lamellé, et l'induit un tambour ordinaire bobiné en tension (fig. 1).

Les deux balais, calés à 90°, portent sur deux lames consécutives du collecteur, et mettent par conséquent comme dans un induit ordinaire, un certain nombre de spires en court-circuit. Les inconvénients de ce court-circuit sont fortement diminués, si l'on a soin de réunir les spires au collecteur par l'intermédiaire de fils très résistants (*a*), car le courant qui prend alors naissance dans ces spires, formant le secondaire d'un transformateur, est considérablement diminué.

La quantité de chaleur dégagée dans ces fils est assez considérable, vu leur grande résistance, mais nullement dangereuse à cause de sa courte durée.

Pour établir les formules relatives à ce moteur, nous allons d'abord analyser les différents phénomènes qui se produisent pendant la marche.

Dans l'inducteur, le courant détermine,

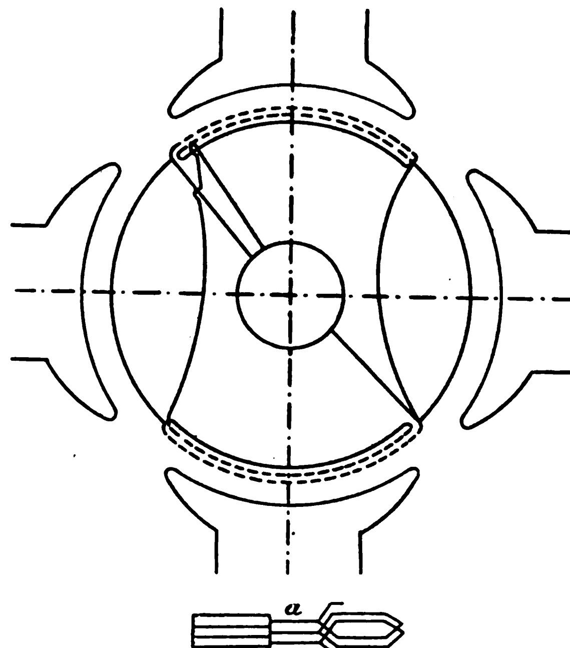


Fig. 1.

par les variations du flux, une force électromotrice de self-induction. Dans l'induit, ces variations ne produisent aucun effet, parce

[1] Ce moteur de M. Blathy est construit également depuis 7 ans par MM. Ganz à Budapesth. Le grand nombre de demandes de ces motenrs prouve la faveur qu'ils ont obtenue près des industriels pour certaines applications.

que les spires, y étant symétriques entre les deux balais, sont traversées en sens inverse par le flux (fig. 2).

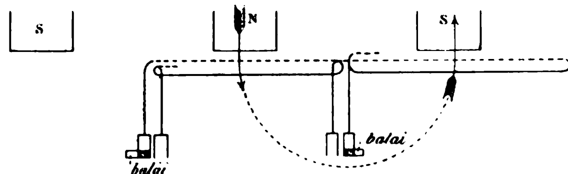


Fig. 2.

Pour la même raison, les forces électromotrices, produites dans les inducteurs par le courant dans l'induit, se détruisent deux à deux.

Le raisonnement que nous venons de faire s'applique au cas où les balais sont calés exactement au milieu des pièces polaires. Dans la pratique, on les cale en A et A' de façon à avoir en charge le moins d'étincelles possible. Soient B et B' les symétriques de A et A', par rapport à ON et OS. Il est facile de comprendre (fig. 3) que les spires dont

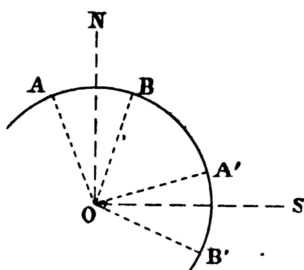


Fig. 3.

les milieux sont compris dans l'angle A'OB ont des flux qui se détruisent deux à deux, tandis que celles comprises dans les angles AOB, A'OB' ont des actions qui s'ajoutent.

En résumé, décaler les balais, c'est augmenter ou diminuer les spires inductrices, suivant le sens du décalage.

L'induit, en tournant, engendre comme dans un moteur ordinaire une force contre-électromotrice.

Les forces électromotrices en jeu sont donc au nombre de quatre, à savoir :

La force électromotrice aux bornes du moteur e_b ;

La force électromotrice due à l'effet Joule e_j ;

La force électromotrice de self-induction e_s ;

La force contre-électromotrice du moteur e_m.

L'inducteur et l'induit étant en série, c'est-à-dire parcourus par le même courant, le principe de la conservation de l'énergie nous donne la relation

$$e_b - e_j - e_s - e_m = 0. \qquad (1)$$

Soient :

E la force électromotrice maxima aux bornes du moteur ;

I l'intensité maxima ;

φ l'angle de décalage ;

Φ le flux total émergeant des deux pôles de même nom à l'instant t ;

$\mathfrak{R}$ la réluctance du circuit magnétique ;

$\frac{1}{T}$ la période du courant alternatif ;

$\omega = 2\pi \frac{1}{T}$;

N le nombre de tours du moteur à la seconde ;

n le nombre des spires de l'induit ;

n' le nombre des spires de l'inducteur ;

r la résistance mesurée aux bornes du moteur ;

$\mathcal{L} = \frac{4\pi n'^2}{2\mathfrak{R}}$ le coefficient de self-induction de l'inducteur.

L'équation (1) devient alors :

$$E \sin \omega t - rI \sin(\omega t - \varphi) - e_s - e_m = 0. \qquad (2)$$

Posons

$$\frac{\Phi}{I \sin(\omega t - \varphi)} = \frac{4\pi n'}{\mathfrak{R}} = \frac{2\mathcal{L}}{n'},$$

on a par suite :

$$e_s = \mathcal{L}\,\omega I \cos(\omega t - \varphi).$$

Calculons maintenant e_m force électromotrice du moteur ; le flux qui traverse à l'instant t, la spire AB (fig. 4), est égal à

$$\frac{\Phi}{2}(\cos a - \sin a)$$

et la force électromotrice induite à

$$\frac{1}{2}\left[\frac{d\Phi}{dt}(\cos a - \sin a) - \frac{da}{dt}\times\Phi\left(\cos a + \sin a\right)\right] = A.$$

La force électromotrice totale induite dans

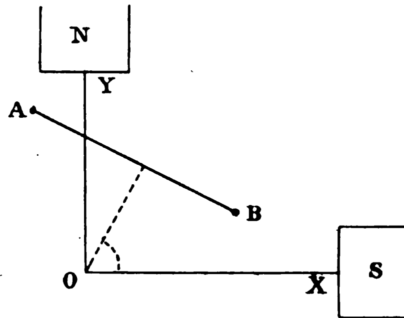


Fig. 4.

les $\frac{n}{4}$ spires, dont les milieux sont compris dans l'angle XOY, sera

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} A da;$$

en remarquant que

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos a - \sin a) = 0$$

et

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (\cos a + \sin a) = \frac{2n}{4},$$

il vient :

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} A da = \frac{2\pi N}{2} \times \Phi \times \frac{2n}{4} = \frac{\pi . n . N . \Phi .}{2}.$$

On voit d'après cela que, comme nous l'avons dit, le terme provenant de la variation du flux s'annule, et qu'il reste seulement la force électromotrice due au déplacement de l'induit.

En remplaçant dans la formule (2) e_s et e_m par les valeurs trouvées, on a

$$E \sin \omega t - rI \sin(\omega t - \varphi) - \mathcal{L}I\,\omega \cos(\omega t - \varphi)$$
$$= \frac{2\pi . n . N . \mathcal{L}I \sin(\omega t - \varphi)}{n'}$$

$$\frac{2\pi . n . N . \mathcal{L}I \sin(\omega t - \varphi)}{n'} = 2\int_0^{\frac{\pi}{2}} A da$$ est la force contre-électromotrice entre les deux balais, le tambour étant bobiné en tension.

Cette équation devant avoir lieu quelles que soient les valeurs de t, on en conclut les relations suivantes obtenues en faisant :

$$\omega t - \varphi = 0$$
$$\omega t - \varphi = \frac{\pi}{2}$$
$$E \sin \varphi = \mathcal{L}I\omega$$
$$E \cos \varphi - rI = \frac{2\pi n \mathcal{L} N I}{n'}.$$

$\mathcal{L}$ a pour valeur, comme nous l'avons vu, en ne tenant pas compte de l'action perturbatrice des spires en court-circuit :

$$\mathcal{L} = \frac{4\pi n'^2}{2\mathfrak{R}},$$

$\mathfrak{R}$ étant la réluctance du circuit magnétique.

Calculons la puissance du moteur à l'instant t; cette puissance est égale à $e_m\, i$, c'est-à-dire

$$\frac{2\pi . n . N . \mathcal{L}I \sin(\omega t - \varphi) \times I \sin(\omega t - \varphi)}{n'};$$

d'où :

$$\text{Puissance moyenne} = \frac{1}{\frac{T}{2}}\int_0^{\frac{T}{2}} \frac{2\pi n . N . \mathcal{L}I^2 \sin^2(\omega t - \varphi)}{n'}$$
$$= \frac{\pi . n . N . \mathcal{L} . I^2}{n'}.$$

On tire de là pour le couple l'expression

$$C = \frac{n . N \mathcal{L} I^2}{2n'}.$$

Si on remplace E et I maximum par les valeurs efficaces e, i, les formules deviennent :

$$e \sin \varphi = \mathcal{L} i \omega = \frac{2\pi n'^2 \times \omega i}{\mathfrak{R}}$$
$$e \cos \varphi - ri = \frac{2\pi n N \mathcal{L} i}{n'} = \frac{4\pi^2 n n' N i}{\mathfrak{R}}$$
$$\text{Puissance} = \frac{2\pi n N \mathcal{L} i^2}{n'} = \frac{4\pi^2 n n' N i^2}{\mathfrak{R}} \qquad (4)$$
$$C = \frac{n N \mathcal{L} i^2}{n'} = \frac{2\pi n n' i^2}{\mathfrak{R}}$$

avec $\mathcal{L} = \frac{4\pi n'^2}{\mathcal{R}}$

Rendement électrique $= 1 - \frac{ri^2}{ei \cos\varphi} = 1 - \frac{ri}{e \cos\varphi}$.

Ces six équations entre les sept quantités C, L, φ, i, N, Rendement, Puissance, permettent d'en déterminer six en fonction de l'une d'elles, i, par exemple.

Tenons compte maintenant de l'action des spires en court-circuit ; elles forment le secondaire d'un transformateur, dont le primaire est constitué par les spires inductrices.

Soient :

	Inducteurs	Spires en court-circuit.
Nombre des spires	n'	n''
Intensité du courant à l'instant t.	i_1	i_2
Résistance	R_1	R_2

e le voltage à l'instant t aux bornes de l'inducteur.

On a, d'après les formules connues du transformateur :

$$\Phi = \frac{4\pi}{\mathcal{R}} (n' i_1 - n'' i_2) \qquad (a)$$

$$e - R_1 i_1 = \frac{n' d\varphi}{dt} \qquad (b)$$

$$R_2 i_2 = \frac{n'' d\varphi}{dt} \qquad (c)$$

d'où :

$$i_2 = \frac{n''(e - R_1 i_1)}{n' R_2}$$

Si nous portons cette valeur dans (a), nous avons :

$$\Phi = \frac{4\pi}{\mathcal{R}} \left[\frac{\overline{n'}^2 R_2 + \overline{n''}^2 R_1}{n' R_2} i_1 - \frac{\overline{n''}^2 e}{n' R_2} \right]$$

En posant $\Phi = \frac{4\pi n'}{\mathcal{R}} i_1$ nous avons donc négligé les termes $\frac{\overline{n''}^2 R_1}{n' R_2} i_1$ et $\frac{\overline{n''}^2 e}{n' R_0}$ qui sont du reste petits, car n'' est petit vis-à-vis de n' et R_2 au contraire assez grand.

Posons $\Phi = P i_1 - M e$.

L'équation fondamentale (3) devient :

$$E \sin \omega t - r I \sin(\omega t - \varphi) - n' [P I \omega \cos(\omega t - \varphi) - M E' \omega \cos(\omega t + \varphi')$$
$$= \pi . n . N . [P I \sin(\omega t - \varphi) - M E' \sin(\omega t + \varphi')] ; \quad (5)$$

φ' et E' étant le décalage et le voltage maximum dans l'inducteur.

Cette équation devant avoir lieu quel que soit t, on a :

$$E \sin \varphi - n' [P I \omega - M E' \omega \cos \varphi + \varphi') = - \pi n . N M E' \sin(\varphi + \varphi')$$
$$E \cos \varphi - r I - n' M E' \omega \sin(\varphi + \varphi') = \pi n . N [P I - M E' \cos(\varphi + \varphi')] \quad (6)$$

D'autre part, l'équation (b) nous donne :

$$E' \sin(\omega t + \varphi') - R_1 I \sin(\omega t - \varphi) = n' [P \omega I \cos(\omega t - \varphi) - M E' \cos(\omega t + \varphi')]$$

qui doit avoir lieu quelles que soient les valeurs de t, d'où :

$$E' \sin(\varphi + \varphi') = n' [P \omega I - M E' \omega \cos \varphi + \varphi']$$
$$E' \cos(\varphi + \varphi') = R_1 I + n' M E' \omega \sin(\varphi + \varphi') ;$$

équations d'où l'on peut tirer les valeurs de

$$E' \cos(\varphi + \varphi') \qquad E' \sin(\varphi + \varphi')$$

$$E' \sin(\varphi + \varphi') = \frac{\omega I (n' P - n' M R_1)}{1 + n'^2 M^2 \omega^2} = A I$$

$$E' \cos(\varphi + \varphi') = \frac{I [R_1 + n'^2 \omega^2 P M]}{1 + n'^2 M^2 \omega^2} = B I.$$

Les équations (6) deviennent :

$$E \sin \varphi - n' \omega I (P - M B) = \pi n N M A I$$
$$E \cos \varphi - r i - n' \omega M A I = \pi n N I (P - M B).$$

En éliminant N, nous aurons :

$$E (P - M B) \sin \varphi + E\, M A \cos \varphi = n' \omega I [(P - M B)^2 + \overline{MA}^2] + r i M A$$

En posant $\operatorname{tg} \alpha = \frac{MA}{P - MB}$, il vient :

$$E \sin(\varphi + \alpha) = \frac{n' \omega I [(P - MB^2) + MA^2] + r I M A}{\sqrt{(P - MB)^2 + \overline{MA}^2}},$$

équation qui permet d'obtenir facilement φ. puisque P, M, A, B, ont les valeurs connues suivantes :

$$P = \frac{4\pi}{\mathcal{R}} \frac{(\overline{n'}^2 R_2 + \overline{n''}^2 R_1)}{n' R_2}$$

$$M = \frac{4\pi}{\mathcal{R}} \frac{\overline{n''}^2 e}{n' R_2}$$

$$A = \frac{n' \omega (P - M R_1)}{1 + n'^2 M^2 \omega^2}$$

$$B = \frac{R_1 + n'^2 \omega^2 P M}{1 + n'^2 M^2 \omega^2}.$$

Ayant la valeur de φ, les équations suivantes permettront d'avoir la vitesse, la puissance et le couple :

$$E \cos\varphi - rI - n'\omega MAI = \pi n NI (P - MB)$$
$$\text{Puissance} = \frac{\pi n NI^2}{2} (P - MB)$$
$$C = \frac{nI^2}{4} (P - MB).$$

Dans toutes ces formules homogènes par rapport à E et I, sauf celles de la puissance et du couple, on peut remplacer I et E maxima par i et e efficaces. Dans ce cas, les formules relatives aux couples et à la puissance deviennent :

$$\text{Puissance} = \pi n Ni^2 (P - MB)$$
$$\text{Couple} = \frac{ni^2}{2} (P - MB).$$

Si nous faisons, dans ces formules, $M = o$, nous retrouvons les formules établies primitivement et qui sont celles à employer dans la pratique, car, comme nous le verrons par la suite, la quantité M et celles qui en découlent, sont d'ordre tout à fait secondaire.

Dans tout ce qui précède, pour avoir la puissance réelle du moteur à la poulie, il faut retrancher de la puissance à l'induit donnée par la formule, les pertes par hystérésis, par courants de Foucault, et par frottement, qui se calculent d'après les formules connues, et permettent d'obtenir alors le rendement industriel, et le couple à la poulie.

Si nous décalons les balais, nous augmentons ou diminuons, comme nous l'avons déjà dit, les spires inductrices suivant le sens du décalage. Si p est le nombre total des spires comprises dans le double de l'angle α (fig. 5), les formules établies deviennent :

$$e \sin\varphi = \frac{4\pi (n' \pm p)^2 \omega i}{2\mathfrak{R}}$$
$$e \cos\varphi = ri = \pi N (n - p) \times \frac{4\pi (n' \pm p)}{\mathfrak{R}} i$$
$$\text{Puissance} = \pi N (n - p) \frac{4\pi (n' \pm p)}{\mathfrak{R}} i^2$$
$$C = (n - p) \frac{4\pi (n' \pm p)}{2\mathfrak{R}} i^2$$
$$\text{Rendement} = 1 - \frac{ri}{e \cos\varphi}$$

Examinons successivement ces différents cas.

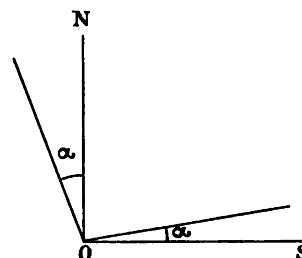


Fig. 5.

Premier cas. — Augmentation des spires inductrices. — Dans les formules, nous prenons le signe +. Pour une même valeur de i, nous voyons que le sin φ augmente, par conséquent que le facteur de puissance diminue, ainsi que la vitesse, la puissance et le rendement ; le couple seul augmente.

Deuxième cas. — Diminution des spires inductrices. — Dans les formules, nous prenons le signe —. Dans ce cas, nous voyons que pour une même valeur de i, le sin φ diminue ; donc, le facteur de puissance augmente, ainsi que la vitesse, la puissance et le rendement, mais le couple diminue. Nous voyons que cette marche qui semblerait *a priori* avantageuse, ne l'est pas, car le surcroît de puissance à l'induit ne peut s'obtenir que par un accroissement de vitesse qui augmente les frottements et les résistances magnétiques, et diminue d'une façon notable le couple du moteur.

Nous allons maintenant, avec les formules trouvées, discuter et construire les courbes relatives à un moteur de 1 cheval.

Dans ce moteur les données sont les suivantes :

Nombre de spires de l'induit.	$n = 180$
» » l'inducteur	$n' = 112$
Nombre de périodes.	42
Réluctance du circuit magnétique . . .	6 690 000

Le calcul donne pour les quantités, qui entrent dans notre théorie, les valeurs suivantes à 100 volts.

$$P = 0{,}000212 \text{ henry}$$
$$M = 0{,}0000011$$
$$A = 1{,}57$$
$$B = 1{,}8$$
$$MA = 0{,}00000173$$
$$MB = 0{,}00000198$$
$$\alpha = 0°{,}25'$$

Dans ces conditions, vu la petitesse des termes correctifs dus aux spires en court-cir-

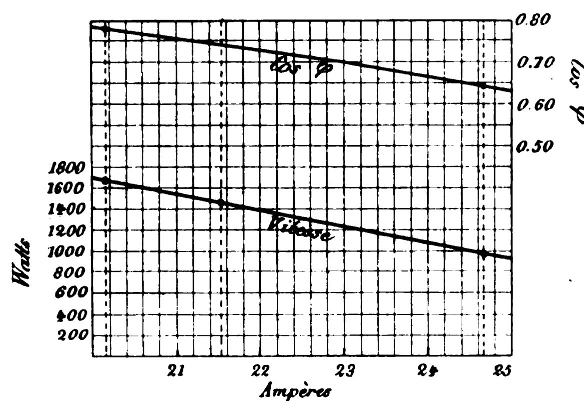


Fig. 6.

cuit, nous nous servirons des premières formules établies.

Premier cas. — Voltage aux bornes du moteur 100 volts :

$$\mathcal{L} = 0{,}000212$$
$$n = 180$$
$$n' = 112$$
$$\omega = 2\pi \times 42$$
$$r = 0^{\omega}{,}55$$

Les formules deviennent :

$$100 \sin\varphi = 3{,}10\ i$$
$$100 \cos\varphi - 0{,}55\ i = 0{,}118\ \mathrm{N}i$$
$$\text{Puissance à l'induit} = i\,(100 \cos\varphi - 0{,}55 i)$$
$$\text{Rendement} = 1 - \frac{0{,}55\, i}{100 \times \cos\varphi}$$

ou encore

$$\sin\varphi = 0{,}031\ i$$

$$\cos\varphi = (1 - \overline{0{,}031\, i}^2)^{\frac{1}{2}} = 1 - 0{,}00048\, i^2 - 0{,}000000115\, i^4$$

En négligeant les termes supérieurs aux quatrièmes degrés, vu la petitesse des coefficients

$$\text{Puissance à l'induit} = i\,(100 - 0{,}048\, i^2 - 0{,}0000115\, i^4)$$
$$\text{Rendement} = 1 - 0{,}0055\, i\,(1 + 0{,}00048\, i^2 + 0{,}000000345\, i^4).$$

obtenu en remarquant que

$$\frac{1}{\cos\varphi} = (1 - \overline{0{,}031\, i}^2)^{-\frac{1}{2}} = 1 + 0{,}00048\, i^2 + 0{,}000000345\, i^4$$

Ces différentes formules ont permis d'établir le tableau I et les courbes des figures 6 et 7.

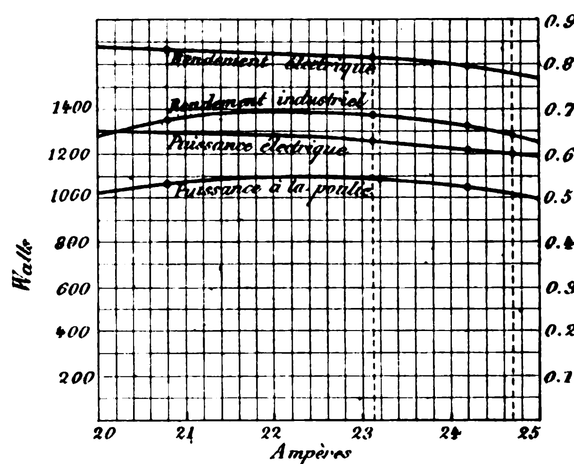


Fig. 7.

La différence entre les deux vitesses donne la réduction de vitesse due aux résistances passives.

La différence entre la puissance électrique et la puissance à la poulie mesure les watts perdus par hystérésis, courants de Foucault, frottement. Mesurés expérimentalement, ces watts ont été trouvés d'environ 220 pour la vitesse de 1400 tours, et 22 ampères d'excitation; la valeur obtenue par différence au moyen des deux tableaux précédents est de 230 watts dans les mêmes conditions. Les résultats de la théorie sont donc en concordance avec ceux de l'expérience.

Deuxième cas. — Le voltage aux bornes est de 110 volts.

La réluctance du circuit magnétique est

TABLEAU I. — *Cas d'une augmentation des spires inductrices.*

COUPLE appliqué à la poulie.	INTENSITÉ donnée par l'expérience.	VALEURS TROUVÉES PAR LE CALCUL POUR				VALEURS TROUVÉES PAR L'EXPÉRIENCE			
		Cos φ.	Vitesse.	Puissance électrique en watts.	Rendement électrique.	Cos φ.	Vitesse.	Puissance à la poulie.	Rendement industriel.
1	24,69	0,643	1 030	1 245	0,78	0.65	1 005	1 035	0,64
0,95	24,18	0,663	1 100	1 275	0,79	0,66	1 080	1 062	0,65
0,90	23.66	0,68	1 180	1 300	0,81	0,68	1 160	1 070	0,66
0,85	23,13	0.697	1 260	1 310	0,82	0,698	1 240	1 090	0,67
0,80	22,58	0,715	1 340	1 320	0,828	0,715	1 320	1 100	0,67
0,75	22,02	0,731	1 405	1 330	0,836	0,732	1 380	1 100	0,67
0.70	21,44	0.749	1 500	1 340	0,842	0,75	1 480	1 080	0,67
0,65	20,85	0,763	1 580	1 350	0,848	0,767	1 560	1 040	0,66
0,60	20,24	0,779	1 680	1 360	0,85	0,78	1 660	1 070	0,64

ici de 6 890 000, les expériences ayant été continuées sur un autre moteur.

Les formules sont alors :

$$110 \sin \varphi = 3{,}02\, i$$
$$110 \cos \varphi - 0{,}55\, i = 0{,}115\, Ni$$
$$P = 110 \cos \varphi - 0{,}55\, i)\, i$$
$$\text{Rendement} = 1 - \frac{0{,}55\, i}{110 \times \cos \varphi}$$

On obtient à l'aide de ces formules les résultats indiqués par le tableau II et les courbes des figures 8 et 9.

Ces différents tableaux montrent comment varient la puissance, le rendement, le décalage en fonction de *i*.

Supposons maintenant *i* constant, ce qui revient à dire le couple, et voyons ce que deviennent ces quantités quand le voltage et la période varient. Reportons-nous aux formules (4).

TABLEAU II. — *Cas d'une diminution des spires inductrices.*

COUPLE à la poulie.	INTENSITÉ correspondante donnée par l'expérience.	VALEURS DONNÉES PAR LE CALCUL POUR					VALEURS DONNÉES PAR L'EXPÉRIENCE			
		Cos φ.	Vitesse.	Puissance électrique en watts.	Rendement électrique	Couple à l'induit.	Cos φ.	Vitesse.	Puissance à la poulie en watts.	Rendement industriel.
1	24,69	0.736	1 410	1 663	0,833	1,159	0.73	1 400	1 445	0.729
0,95	24,18	0.748	1 480	1 666	0,838	1,109	0.75	1 460	1 430	0,714
0,90	23,66	0,76	1 550	1 670	0,844	1.059	0 76	1 530	1 420	0,717
0,85	23,13	0,773	1 630	1 672	0,851	1,016	0,77	1 610	1 410	0,719
0,80	22,58	0,785	1 700	1 669	0,856	0.967	0,78	1 680	1 386	0.713
0,75	22,02	0,797	1 780	1 663	0,861	0,921	0.795	1 760	1 360	0,709
0.70	21.44	0,809	1 870	1 655	0,867	0.874	0,805	1 850	1 330	0,702
0,65	20,85	0,821	1 960	1 644	0,873	0,824	0,82	1 980	1 295	0,686
0,60	20,24	0,83	2 075	1 622	0,878	0.779	0,83	2 050	1 260	0 681

1° *Variation du voltage.* — Si nous faisons varier *e*, les autres données du moteur restant les mêmes, nous voyons que sin φ varie en sens inverse du voltage, d'où variation dans

le même sens pour le facteur de puissance.

Le voltage et cos φ augmentant, la vitesse croît ainsi que la puissance et le rendement électriques. Il en sera de même de la puis-

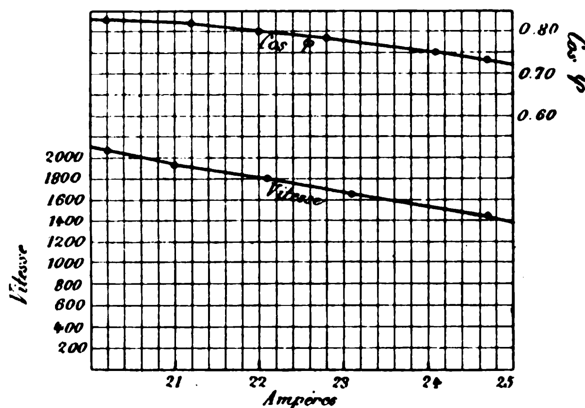


Fig. 8.

sance réelle du moteur et du rendement, car si nous supposons que les pertes sont proportionnelles à la vitesse du moteur (la cause

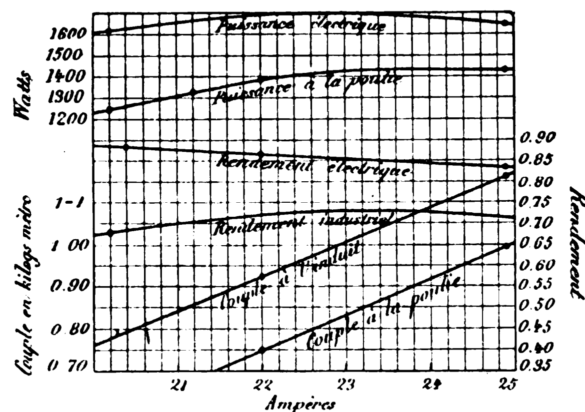


Fig. 9.

principale en étant le frottement), la puissance électrique, i restant constant, est de la forme

$$P = AN$$

et les pertes d'après notre hypothèse

$$p = BN$$

La puissance du moteur est

$$P = (A - B) N$$

et croît avec la vitesse N.

Le rendement est alors

$$\text{Rendement} = \frac{(A - B) N}{ei \cos \varphi}$$

or,

$$\text{Puissance électrique} = (e \cos \varphi - ri)$$

d'où

$$ei \cos \varphi = AN + ri^2$$

$$\text{Rendement} = \frac{(A - B) N}{AN + ri^2} = \frac{A - B}{A + \frac{ri^2}{N}}$$

qui croît avec N pour tendre approximativement vers $\frac{A - B}{A}$.

La seule cause qui intervient ici pour limiter l'augmentation de voltage est donc la vitesse tangentielle qui ne doit pas dépasser une certaine valeur. Soit N' la vitesse correspondante du moteur à la vitesse tangentielle admise, le voltage convenant le mieux sera

$$e = \sqrt{\omega \mathcal{L} i^2 + \frac{(ri + 2\pi n \mathcal{L} N' i)^2}{n'}}$$

formule tirée des équations (4) et dans laquelle on donne à i la valeur correspondant à un échauffement normal des fils.

2° *Variation de la fréquence.* — ω augmentant, les autres valeurs restant constantes, nous voyons que sin φ augmente; la puissance diminue ainsi que cos φ, la vitesse et le rendement. Au contraire si ω diminue, le moteur fonctionne dans de bonnes conditions; cos φ augmente ainsi que la vitesse, le rendement et la puissance.

A la limite, lorsque ω tend vers o, le courant alternatif a pour limite un courant continu de même intensité que la valeur efficace du courant alternatif.

Les formules deviennent alors

$$e - ri = \frac{4\pi^2 n n' N i}{\mathfrak{R}}$$

$$\text{Puissance} = \frac{4\pi^2 n n' N i^2}{\mathfrak{R}}$$

$$C = \frac{2\pi n n' i^2}{\mathfrak{R}}$$

qui peuvent s'écrire

$$e - ri = \frac{\pi}{2} \times 2n \times N\Phi$$

$$\text{Puissance} = \frac{\pi}{2} \times 2n \times N\Phi i$$

$$\text{Couple} = \frac{n\Phi i}{2}$$

qui sont les formules connues des moteurs à courants continus en série.

La théorie nous montre que le moteur que nous avons décrit marche aussi bien en courant continu qu'en courant alternatif, et les expériences que nous avons faites à ce sujet sont venues confirmer l'exactitude du raisonnement.

Pour terminer, nous ferons remarquer qu'étant donnée une carcasse de machine, et sachant par l'expérience l'induction à laquelle on doit la faire travailler, le produit $n'i$ est alors déterminé. De plus, le poids du cuivre sur l'inducteur étant donné par le nombre de rainures et leur grandeur, le produit ni se trouve déterminé pour une quantité convenable du courant, car si q est le nombre donné de rainures et p le nombre de spires dans l'une d'elles, on a

$$ni = pqi$$

Si s est la section d'une rainure, on doit avoir sensiblement

$$\frac{pi}{s} = d$$

d étant la densité admise, d'où

$$ni = dqs$$

mais qs étant à peu près constant, il vient

$$ni = \text{constant}$$

$n\,i$ et $n'\,i$ étant comme nous le voyons constants, les formules montrent que la puissance du moteur croîtra avec la vitesse qui varie en sens inverse de n et n'. Le facteur de puissance, au contraire, varie dans le même sens que ces quantités. Les pertes admises par effet Joule, vu la surface de refroidissement et la puissance du moteur, aideront à choisir judicieusement les valeurs de n et n'.

G. Moulun,
Ancien élève de l'École polytechnique
Ingénieur aux mines du Creusot.

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE PAR LES COURANTS ALTERNATIFS [1]

V. Compoundage des alternateurs à voltage constant

Faisons dans l'équation précédente $X = 1$, elle devient :

$$[(P + h_0)(P + xh_0) + Q^2]^2 [(P + xh_0)^2 - (P + h_0)^2] = Q^2(1 - x^2) h_0 [(P + h_0)^2 + Q^2]$$

Elle est satisfaite lorsque l'on a $x = 1$, c'est-à-dire lorsque le voltage h_0 a pris une valeur telle que l'on ait $K = K'$.

Le coefficient K diminuant à mesure que le voltage h_0 augmente : pour de petites valeurs de ce voltage, on devra avoir $K > K'$.

Nous allons montrer que si l'alternateur sert de machine génératrice et alimente un réseau se comportant comme un conducteur ayant une résistance et un coefficient de self-induction quelconques, mais tous deux positifs, ce qui sera le cas général, l'équation précédente ne pourra être satisfaite si l'on a $x \lesseqgtr 1$.

La quantité h_0 doit être considérée comme une quantité positive, par définition. On a alors $a > 0$, $b > 0$, d'où :

$$P = \rho a + 2\pi\alpha\lambda b > 0$$

Supposons que l'on ait

$$x > 1 \quad h_0 > 0 \quad P > 0$$

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* du 10 décembre 1898, p. 425.

On a

$$(P + h_0)(P + xh_0) + Q^2 > (P + h_0)^2 + Q^2$$
$$(P + h_0)(P + xh_0) + Q^2 > Q^2$$
$$(P + xh_0)^2 - (P + h_0)^2 = h^2_0 (x^2 - 1) + 2 P h_0 (x - 1)$$
$$= h_0 (x - 1) (h_0 (x - 1) + 2 P]$$

Enfin on a toujours :

$$h^2_0 (x - 1) (h_0 (x - 1) + 2 P) > (1 - x)^2 h^2_0$$

En effet : divisons les deux membres par la quantité positive $(x = 1)$, il vient :

$$h^2_0 (x - 1) + 2 P h_0 > (x - 1) h^2_0$$

ou

$$h_0 + P > 0$$

inégalité qui sera toujours satisfaite, puisque l'on a $h_0 > o, P > o$.

Il en résulte que le premier membre de l'équation précédente sera toujours plus grand que le second, tant que l'on aura $x > 1$.

Supposons que l'on ait $x < 1$. Le premier membre sera essentiellement négatif et le second essentiellement positif.

Donc, pour toute valeur du voltage h_0 inférieure à celle pour laquelle on a $K = K'$, la force électromotrice développée par l'alternateur est plus grande que celle qui correspond au maintien du voltage h_0. Un état de régime ne peut s'établir et le voltage croît jusqu'à ce que l'on ait $K = K'$, c'est-à-dire $x = 1$.

Pour toute valeur du voltage h_0 supérieure à celle pour laquelle on a $K = K'$, la force électromotrice développée dans l'alternateur est plus petite que celle qui correspond au maintien du voltage h_0. Un état de régime ne peut s'établir et le voltage diminue jusqu'à ce que l'on ait $K = K'$.

Au moment de la mise en marche, le magnétisme rémanent des inducteurs de l'alternateur développe un petit voltage aux bornes de ses circuits d'armature. Celui-ci va nécessairement en croissant, d'après ce qui vient d'être dit, et l'excitatrice s'amorce comme une machine à courant continu ordinaire. Dès qu'un état de régime est obtenu, l'alternateur développe un voltage déterminé entre ses bornes, dont la grandeur demeure constante, quelles que soient les variations du débit.

Nous avons supposé que le calage des balais de l'excitatrice demeurait invariable ; on n'aura pas à redouter, cependant, la production d'étincelles à ses balais car sa réaction d'induit est rendue artificiellement nulle par l'action des circuits qui entourent ses anneaux extérieurs fixes.

Il résulte de ce qui précède que l'emploi de l'excitatrice décrite ci-dessus permet de donner à tout alternateur, à courants alternatifs simples ou polyphasés, la propriété de développer un voltage constant, quelles que soient les variations de son débit. Ce résultat est obtenu naturellement et sans l'intervention d'aucun appareil de réglage.

La méthode que nous proposons est analogue à celle employée dans le compoundage des machines à courant continu et doit avoir la même efficacité.

Nous avons toujours supposé constants les coefficients d'induction de l'alternateur. Ses circuits magnétiques pourront donc être toujours dans un état éloigné de la saturation. Dès lors, les pertes par hystérésis pourront être réduites au minimum et le coût de l'excitation pourra être rendu aussi petit que possible.

VI. Accouplement des alternateurs compoundés a voltage constant

Puisque les alternateurs doivent fournir un voltage constant on aura à les accoupler en parallèle.

Supposons que chacun des circuits d'armature de l'alternateur soit branché entre les bornes d'une source à voltage constant. Soit $h_0 \sin 2\pi\alpha t$, le voltage d'un des circuits de l'alternateur, $h_0 \sin 2\pi (\alpha t - \varphi)$ celui de la source qui lui est opposée, r et l la résistance et le coefficient de self-induction du conducteur servant à effectuer le branchement.

Désignons par $i = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t$,

l'intensité du courant débité par le circuit considéré de l'alternateur. Nous aurons :

$$h_0 \sin 2\pi\alpha t - h_0 \sin 2\pi(\alpha t - \varphi) = r(a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t) + 2\pi\alpha l(a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t)$$

d'où :

$$a = h_0 \frac{r(1 - \cos 2\pi\varphi) + 2\pi\alpha l \sin 2\pi\varphi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}$$

$$b = h_0 \frac{2\pi\alpha l(1 - \cos 2\pi\varphi) - r \sin 2\pi\varphi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}$$

Si nous désignons, comme précédemment, par $M = \mu \cos 2\pi(\alpha t + \chi)$ le coefficient d'induction mutuelle de l'inducteur et du circuit considéré de l'alternateur, nous savons que l'on a :

$$\text{tg}\, 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha\lambda a - \rho b}{\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0}$$

d'où :

$$\text{tg}\, 2\pi\chi = \frac{2\pi\alpha(\lambda r - \rho l)(1 - \cos 2\pi\varphi) + (\rho r + 4\pi^2\alpha^2\lambda l)\sin 2\pi\varphi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2 + (\rho r + 4\pi^2\alpha^2\lambda l)(1 - \cos 2\pi\varphi) + 2\pi\alpha(l\rho - rl)\sin 2\pi\varphi}$$

Si le voltage développé par le circuit considéré de l'alternateur a pris une avance de phase φ par rapport à celui de la source sur laquelle il a été branché, le mouvement de l'alternateur aura pris en même temps une avance de phase égale à $(\varphi + \chi)$.

Supposons que l'on ait réalisé la condition $r = 2\pi\alpha\lambda$, ce qui sera toujours facile puisque le circuit qui a cette résistance et cette self-induction est un circuit d'accouplement. On a, tous calculs faits :

$$\text{tg}\, 2\pi(\varphi + \chi) = \frac{2\pi\alpha\lambda(1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi) - \rho(1 - \cos 2\pi\varphi + \sin 2\pi\varphi) - 2r \sin 2\pi\varphi}{2\pi\alpha\lambda(1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi) + \rho(1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi) - 2r}$$

L'angle $2\pi(\varphi + \chi)$ croît d'abord beaucoup plus vite que l'angle $2\pi\varphi$. En effet, pour toute valeur de $2\pi\varphi$ comprise entre o et $\frac{\pi}{2}$, le numérateur de l'expression précédente est négatif,

Pour $2\pi\varphi = o$, le dénominateur est égal à $-2r$; mais, pour toute valeur de $2\pi\varphi$ comprise entre o et $\frac{\pi}{2}$, le coefficient de $2\pi\alpha\lambda$ est positif.

Le terme $2\pi\alpha\lambda$ étant très grand par rapport aux résistances ρ et r, il suffira de donner une très petite valeur $2\pi\varphi_1$ à l'angle $2\pi\varphi$ pour annuler le dénominateur et pour faire

$$\text{tg}\, 2\pi(\varphi + \chi) = \infty$$

d'où

$$2\pi(\varphi + \chi) = \frac{\pi}{2}$$

Mais, cela fait, les variations de l'angle $2\pi(\varphi + \chi)$ deviennent sensiblement deux fois moins rapides que celles de l'angle $2\pi\varphi$.

Pour nous en rendre compte, remarquons que, dès que l'angle $2\pi\varphi$ a pris une valeur appréciable, le terme $2\pi\alpha\lambda$ étant très grand par rapport aux résistances r et ρ, on a très sensiblement

$$\text{tg}\, 2\pi(\varphi + \chi) = \frac{1 - \cos 2\pi\varphi - \sin 2\pi\varphi}{1 - \cos 2\pi\varphi + \sin 2\pi\varphi}$$

Cette formule nous permet de calculer *tg* $2\pi(\varphi + \chi)$ en fonction de $2\pi\varphi$ et, par suite, les variations de l'angle $2\pi\varphi$ en fonction de celles de l'angle $2\pi(\varphi + \chi)$. Nous obtenons ainsi les résultats suivants :

$2\pi(\varphi+\chi)$	$2\pi\varphi$	$2\pi(\varphi+\chi)$	$2\pi\varphi$	$2\pi(\varphi+\chi)$	$2\pi\varphi$	$2\pi(\varphi+\chi)$	$2\pi\varphi$
— 50°	— 10°	— 75°	— 60°	140°	10°	165°	60°
— 55°	— 20°	— 80°	— 70°	145°	20°	170°	70°
— 60°	— 30°	— 85°	— 80°	150°	30°	175°	80°
— 65°	— 40°	— 90°	— 90°	155°	40°	180°	90°
— 70°	— 50°	»	»	160°	50°	»	»

Donc, dès que le mouvement de notre alternateur a pris une avance ou un retard, par rapport à la phase de la force électromotrice de la source entre les bornes de laquelle il est branché, supérieurs à certaines limites, si cette avance ou ce retard continuent à augmenter, il en résulte pour la phase du voltage développé par l'alternateur entre ses bornes, un accroissement d'avance ou de retard très sensiblement deux fois plus grand.

Cet alternateur développant un voltage constant entre ses bornes, quel que soit son débit, les choses se passent comme si l'on avait affaire à un alternateur ordinaire excité par un courant continu d'intensité invariable, directement branché entre les bornes de la source et dont les circuits d'armature auraient une résistance r et un coefficient de self-induction l.

Si la condition d'Hopkinson : $r = \pi\alpha l$ est réalisée, comme nous l'avons supposé précédemment, cet alternateur aurait une aptitude extraordinaire au couplage en parallèle, dans le cas où les variations de phase de la force électromotrice développée par lui seraient égales à celles des variations du coefficient d'induction mutuelle de son inducteur et de son armature, ce qui arriverait si l'inducteur était excité par un courant continu d'intensité invariable.

Il en sera de même, à fortiori, si à une variation de phase donnée de ce coefficient d'induction mutuelle correspond une variation de phase double pour la force électromotrice. En effet, la variation du couple développé sur l'axe de l'alternateur par une même variation de phase de son mouvement, sera plus considérable dans ce cas que dans le précédent.

Ce que nous venons de dire étant indépendant des grandeurs et des signes des quantités a et b, s'applique immédiatement au cas où l'alternateur est employé comme réceptrice, lorsque le voltage maintenu à ses bornes par le réseau est égal à celui qu'il développerait en fonctionnant comme génératrice.

Dans ces conditions, il pourra fournir du courant déwatté au réseau, le terme b pouvant être positif, alors que le terme a est négatif.

Nous pourrions examiner ce qui arriverait si on accouplait entre eux des alternateurs fournissant des voltages différents, lorsqu'on les fait fonctionner individuellement comme génératrices. On trouverait que le voltage obtenu serait celui de l'alternateur produisant le voltage maximum. Mais ce dernier devrait fournir à tous les autres les courants déwattés nécessaires pour augmenter leur excitation.

Il résulte de ce qui précède, que l'emploi de notre excitatrice doit donner aux alternateurs qui en sont munis, bien que leur réaction d'induit puisse être aussi grande que l'on voudra, qu'ils fonctionnent comme générateurs ou comme moteurs, une faculté de s'accoupler en parallèle avec d'autres appareils du même genre, bien supérieure à celle que possèdent les alternateurs ordinaires, à très faible réaction d'induit, mais excités par un courant continu d'intensité invariable.

VII. Séparation de l'alternateur et de l'excitatrice

L'excitatrice, que nous venons d'étudier, doit tourner synchroniquement avec son alternateur.

Pour les petits alternateurs à grande vitesse de rotation, il est naturel de monter les deux machines sur le même axe en leur donnant les mêmes nombres de pôles.

Cette solution devient impraticable si l'alternateur a un grand nombre de pôles et tourne lentement. On pourrait alors faire tourner l'excitatrice plus rapidement en reliant son axe à celui de l'alternateur, par un train d'engrenages.

Mais la solution suivante qui s'imposerait si l'on voulait adopter cette excitatrice à un alternateur déjà existant, sera la plus avantageuse dans la plupart des cas.

Nous avons supposé que les anneaux extérieurs fixes de l'excitatrice portaient un en-

roulement compensateur destiné à annuler artificiellement la réaction d'induit de son enroulement d'armature à courant continu. Nous pouvons lui superposer un second enroulement que nous appellerons enroulement inducteur qui, traversé par le même courant, sera capable de développer des pôles situés à 90° de ceux développés par le premier.

Cet enroulement inducteur engendrera un flux dont l'intensité sera constante, tant que le débit de l'alternateur sera le même et qui se développera à travers les anneaux de l'excitatrice.

Cette machine pourra donc être assimilée à un véritable transformateur tournant qui, une fois lancé, tournera synchroniquement avec l'alternateur, en lui demandant l'énergie nécessaire pour la production du courant d'excitation.

La théorie suivante montre que rien ne sera changé au fonctionnement de l'excitatrice, si l'enroulement de l'inducteur est fait de telle manière que l'excitatrice, étant fermée sur l'inducteur de l'alternateur, ne puisse s'amorcer d'elle-même, lorsqu'on la fait tourner à sa vitesse normale, sans l'exciter en même temps par des courants alternatifs.

1° *Flux développés dans l'anneau* B. — Nous supposerons, pour fixer les idées, que l'excitatrice soit adjointe à un alternateur à courants biphasés.

L'anneau B portera deux circuits décalés de 90°. Nous appellerons r et l la résistance et le coefficient de self-induction de chacun d'eux et désignerons par OΦ (voir fig. 8) la direction fixe dans l'espace du flux engendré par les circuits inducteurs.

Le coefficient d'induction mutuelle du premier circuit mobile avec le circuit inducteur aura pour expression :

$$M_1 = \mu \sin 2\pi (\alpha t + \chi)$$

Nous compterons l'angle $2\pi\chi$ à partir de la direction $o\Phi$ et dans le sens du mouvement des anneaux, représenté par une flèche sur la figure 8.

Le coefficient d'induction mutuelle du deuxième circuit mobile avec le circuit inducteur aura pour expression :

$$M_2 = \mu \cos 2\pi (\alpha t + \chi)$$

Le premier circuit mobile supporte une différence de potentiels $h_1 = h_0 \sin 2\pi\alpha t$ et le second une différence de potentiels $h_2 = h_0 \cos 2\pi\alpha t$.

Désignons par : $i_1 = c \sin 2\pi (\alpha t + \Psi)$ l'intensité du courant dans le premier circuit mobile ; $i_2 = c \cos 2\pi (\alpha t + \Psi)$ l'intensité du courant dans le second circuit mobile ; J, l'intensité du courant inducteur.

Nous avons :

$$h_0 \sin 2\pi\alpha t = rc \sin 2\pi(\alpha t + \psi) + 2\pi\alpha lc \cos 2\pi(\alpha t + \psi) + 2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi(\alpha t + \chi)$$

$$h_0 \cos 2\pi\alpha t = rc \cos 2\pi(\alpha t + \psi) - 2\pi\alpha lc \sin 2\pi(\alpha t + \psi) - 2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi(\alpha t + \chi)$$

d'où l'on tire :

$$C \cos 2\pi\psi = \frac{r(h_0 + 2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi\chi) - 2\pi\alpha l (2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi\chi)}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}$$

$$C \sin 2\pi\psi = \frac{-r(2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi\chi) - 2\pi\alpha l (h_0 + 2\pi\alpha\mu J \sin 2\pi\chi)}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}$$

Appelons φ_1 le flux développé suivant la direction $o\,\Phi$ et φ_2 celui développé suivant la direction oy perpendiculaire à $o\Phi$ (fig. 8) : Nous désignerons par Λ le coefficient de self-induction du circuit inducteur et par N son nombre de spires.

On a :

$$\varphi_1 = \frac{\Lambda}{N} J + \frac{1}{N} [M_1 i_1 + M_2 i_2]$$

d'où :

$$\varphi_1 = \frac{\Lambda}{N} J + \frac{\mu c}{N} [\sin 2\pi(\alpha t + \psi) \sin 2\pi(\alpha t + \chi) + \cos 2\pi(\alpha t + \psi) \cos 2\pi(\alpha t + \chi)]$$

$$\varphi_1 = \frac{\Lambda}{N} J + \frac{\mu}{N} c \cos 2\pi(\chi - \psi)$$

d'où :

$$\varphi_1 = \left[\frac{\Lambda}{N} - \frac{4\pi^2\alpha^2\mu l}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2} \times \frac{\mu}{N}\right] J + \frac{\mu}{N} h_0 \left[\frac{r \cos 2\pi\chi - 2\pi\alpha l \sin 2\pi\chi}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}\right.$$

On a de même :

$$\varphi_2 = \frac{1}{N}[M_2 i_1 - M_1 i_2]$$

ou

$$\varphi_2 = \frac{\mu c}{N}[\sin 2\pi(\alpha t + \psi) \cos 2\pi(\alpha t + \chi)$$
$$- \cos 2\pi(\alpha t + \psi) \sin 2\pi(\alpha t + \chi)$$
$$\varphi_2 = -\frac{\mu c}{N} \sin 2\pi(\chi - \psi)$$

d'où :

$$\varphi_2 = \frac{2\pi\alpha\mu r}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}\frac{\mu}{N} J$$
$$-\frac{\mu}{N} h_0 \frac{r \sin 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \cos 2\pi\chi]}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}$$

On peut considérer le flux développé dans l'anneau B comme la somme de deux flux, le premier est proportionnel à l'intensité J et a pour expression :

$$\frac{J}{(r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2)N}\sqrt{[(r^2\Lambda + 4\pi^2\alpha^2 l)(\Lambda l - \mu^2)]^2 + 4\pi^2\alpha^2\mu^4 r^2}$$

Sa direction est fixe dans l'espace et fait avec la direction OΦ un angle $2\pi\beta$ tel que :

$$\text{tg } 2\pi\beta = \frac{2\pi\alpha\mu^2 r}{r^2\Lambda + 4\pi^2\alpha^2 l(\Lambda l - \mu^2)}$$

Le second est proportionnel au voltage h_0 et a pour expression :

$$\frac{\mu}{N} h_0 \frac{1}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}}$$

Sa direction dans l'espace fait avec la direction OΦ un angle $2\pi\gamma$ tel que :

$$\text{tg } 2\pi\gamma = \frac{r \sin 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \cos 2\pi\chi}{r \cos 2\pi\chi - 2\pi\alpha l \sin 2\pi\chi}$$

Posons :

$$\text{tg } 2\pi\delta = \frac{2\pi\alpha l}{r}$$

Il vient :

$$\text{tg } 2\pi\gamma = \frac{\cos 2\pi\delta \sin 2\pi\chi + \sin 2\pi\delta \cos 2\pi\chi}{\cos 2\pi\delta \cos 2\pi\chi - \sin 2\pi\delta \sin 2\pi\chi}$$

d'où

$$\text{tg } 2\pi\gamma = \text{tg } 2\pi(\chi + \delta) \qquad \gamma = \chi + \delta$$

L'angle $2\pi\delta$ étant constant, la direction de ce second flux variera dans l'espace avec l'angle $2\pi\chi$ et pourra être représenté par la ligne Oh_0 de la figure (8).

Les deux composantes φ'_1 et φ'_2 de ce flux,

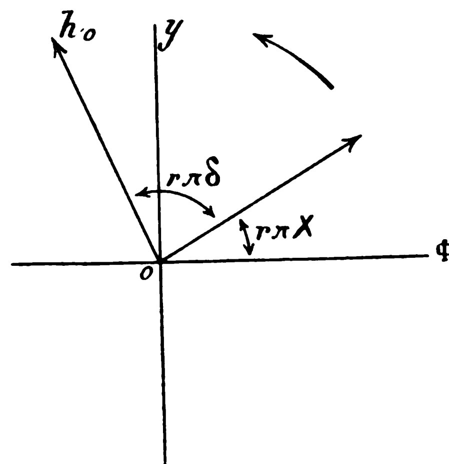


Fig. 8.

suivant les directions OΦ et Oy, ont pour expressions :

$$\varphi'_1 = \frac{\mu}{N}\frac{h_0}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \cos 2\pi(\chi + \delta),$$
$$\varphi'_2 = -\frac{\mu}{N}\frac{h_0}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \sin 2\pi(\chi + \delta)$$

2° *Flux développés dans l'anneau* A. — Cet anneau possède aussi deux circuits décalés de 90° qui seront parcourus par des courants d'intensités :

$$j_1 = a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t,$$
$$j_2 = \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t$$

Nous appellerons L le coefficient de self-induction de son circuit inducteur et supposerons qu'il ait aussi N spires.

Les deux circuits de cet anneau seront décalés, par rapport à ceux de l'anneau B, d'un angle égal à

$$2\pi\omega = \omega\, 2\pi\,(\delta + \omega')$$

l'angle $2\pi\omega'$ étant tel que l'on ait, en désignant par ρ et λ la résistance et le coefficient de self-induction de chacun des circuits d'armature de l'alternateur :

$$\sin 2\pi\omega' = \frac{-2\pi\alpha\lambda}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} \quad \cos 2\pi\omega' = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

Dès lors, les coefficients d'induction mutuelle des deux circuits mobiles de cet anneau avec son circuit inducteur auront des expressions de la forme :

$$m_1 = m_0 \sin 2\pi(\alpha t + \chi + \omega) \quad m_2 = m_0 \cos 2\pi(\alpha t + \chi + \omega)$$

Appelons Ψ'_2 et Ψ''_2 les flux développés suivant les directions $O\Phi$ et Oy, nous avons

$$\psi_1 = \frac{1}{N}[LJ + [(a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t) \sin 2\pi(\alpha t + \chi + \omega) + (a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t) \cos 2\pi(\alpha t + \chi + \omega)]$$

ou

$$\psi_1 = \frac{1}{N}[LJ + m_0 [\cos 2\pi\chi (a \cos 2\pi\omega - b \sin 2\pi\omega)^2 - \sin 2\pi\chi (a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega]$$

Nous avons de même

$$\psi_2 = \frac{1}{N}[m_2 j_1 - m_1 j_2]$$

d'où

$$\psi_2 = \frac{m_0}{N}[-\cos 2\pi\chi(a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega) - \sin 2\pi\chi(a \cos 2\pi\omega - b \sin 2\pi\omega)]$$

Les flux développés dans l'anneau A peuvent encore être considérés comme la somme de deux flux :

Le premier, toujours dirigé suivant la direction $O\Phi$, est simplement proportionnel à l'intensité J.

Le second est fonction du débit de l'alternateur et sa direction est variable.

Intensité J. — Nous supposerons les balais de l'excitatrice calés perpendiculairement à la direction $O\Phi$ du champ développé par l'enroulement inducteur.

Seuls les flux ayant cette direction $O\Phi$ serviront au développement d'une force électromotrice entre ces balais.

Ces flux pourront être considérés comme la somme d'un premier flux f_1 simplement proportionnel à l'intensité J et égal à :

$$f_1 = \left[\frac{\Lambda + L}{N} - \frac{4\pi^2\alpha^2\mu^2 l}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}\right] J$$

d'un second flux F_0 fonction du débit de l'alternateur et égal à

$$F_1 = \frac{\mu}{N} \frac{h_0}{\sqrt{r^2 + 2\pi^2\alpha^2 l^2}} \cos 2\pi(\chi + \delta) + \frac{m_0}{N}[\cos 2\pi\chi(a \cos 2\pi\omega - b \sin 2\pi\omega) - \sin 2\pi\chi(a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega)]$$

Appelons : E la force électromotrice développée entre les balais, P la résistance du circuit total parcouru par le courant d'intensité J et désignons par C une constante.

Nous pourrons écrire :

$$E = C(f_1 + F_1) = PJ$$

ou

$$CF_1 = C\left[\frac{P}{C} - \frac{\Lambda + L}{N} + \frac{4\pi^2\alpha^2\mu^2 l}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}\right] J$$

Par hypothèse, la machine ne peut s'amorcer d'elle-même, lorsqu'elle fonctionne, à sa vitesse normale comme une machine à courant continu montée en série, c'est donc que l'on a

$$P > C\frac{\Lambda + L}{N}$$

Le coefficient de l'intensité J, dans l'expression précédente, sera donc positif.

La machine ne pourra donc produire aucun courant, tant qu'elle ne sera pas excitée par un courant alternatif.

Alors, les choses se passeront comme si la force électromotrice développée par les balais était simplement proportionnelle au flux F_1 et agissait sur un circuit ayant une résistance

$$P' = C\left[\frac{P}{C} - \frac{\Lambda + L}{N} + \frac{4\pi^2\alpha^2\mu^2\rho}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}\right]$$

constante et plus petite que la résistance réelle P.

Nous aurons donc

$$J = \frac{CF_1}{P'}$$

Nous supposerons qu'une fois un régime permanent établi, le voltage h_0 ayant pris sa valeur normale, les coefficients d'induction

de l'anneau B aient pris des valeurs telles que l'on ait :

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

L'expression du flux F_1 devient alors :

$$F_1 = \frac{\mu}{N}\frac{\mu}{\sqrt{r^2 \times 4\pi^2\alpha^2 l^2}}[h_0 \cos 2\pi\chi + \delta)$$
$$+ \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}[\cos 2\pi\chi(a \cos\omega - b \sin 2\pi\omega)$$
$$- \sin 2\pi\chi(a \sin 2\pi\omega + b \cos 2\pi\omega)]$$

Remplaçons

$$\omega \text{ par } (\omega' + \delta);$$

il vient :

$$F_1 = \frac{\mu}{N\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}}[h_0 \cos 2\pi(\chi + \delta)$$
$$+ \sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}[\cos 2\pi(\chi + \delta)(a \cos 2\pi\omega' - b \sin 2\pi\omega')$$
$$- \sin 2\pi(\chi + \delta)(a \sin 2\pi\omega' + b \cos 2\pi\omega')]$$

Mais on a :

$$\sin 2\pi\omega' = \frac{-2\pi\alpha\lambda}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} \qquad \cos 2\pi\omega' = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

Il vient en définitive :

$$F_1 = \frac{\mu}{N\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}}[(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \cos 2\pi(\chi + \delta)$$
$$+ (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \sin 2\pi(\chi + \delta)]$$

d'où, en désignant par Δ une nouvelle constante :

$$J = \Delta[(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \cos 2\pi(\chi + \delta)$$
$$+ (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \sin 2\pi(\chi + \delta)]$$

Travail moteur. — On a pour l'anneau B :

$$T_1 = J\left(i_1\frac{dM}{dt} + i_2\frac{dM_2}{dt}\right)$$

$$T_1 = 2\pi\alpha\mu J[c \sin 2\pi(\alpha t + \psi) \cos 2\pi(\alpha t + \chi)$$
$$- c \cos 2\pi(\alpha t + \psi) \sin 2\pi(\alpha t + \chi)]$$
$$T_1 = -2\pi\alpha\mu J[\sin 2\pi\chi\, c \cos 2\pi\psi - \cos 2\pi\chi\, c \sin 2\pi\psi]$$
$$T_1 = -2\pi\alpha\mu J\frac{h_0(r \sin 2\pi\chi + 2\pi\alpha l \cos 2\pi\chi) + 2\pi\alpha\mu r J}{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}$$

Mais on a :

$$\cos 2\pi\delta = \frac{r}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} \qquad \sin 2\pi\delta = \frac{2\pi\alpha l}{\sqrt{r^2 + 2\pi^2\alpha^2 l^2}}$$

d'où :

$$T_1 = -\frac{2\pi\alpha\mu J}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}}[h_0 \sin 2\pi(\chi + \delta) + 2\pi\alpha\mu J \cos 2\pi\delta]$$

On a pour l'anneau A :

$$T_2 = J\left(j_1\frac{dm_1}{dt} + j_2\frac{dm_2}{dt}\right)$$

d'où :

$$T_2 = 2\pi\alpha m_0 J[(a \sin 2\pi\alpha t - b \cos 2\pi\alpha t) \cos 2\pi(\alpha t + \chi + \omega)$$
$$- (a \cos 2\pi\alpha t + b \sin 2\pi\alpha t) \sin 2\pi(\alpha t + \chi + \omega)]$$
$$T_2 = 2\pi\alpha m_0 J[-a \sin 2\pi(\chi + \omega) - b \cos 2\pi(\chi + \omega)]$$

ou, en posant :

$$\omega = \delta + \omega'$$
$$T_2 = -2\pi\alpha m_0 J[\sin 2\pi(\chi + \delta)(a \cos 2\pi\omega' - b \sin 2\pi\omega')$$
$$+ \cos 2\pi(\chi + \delta)(a \sin 2\pi\omega' + b \cos 2\pi\omega')]$$

ou, en remplaçant $\sin 2\pi\omega'$ et $\cos 2\pi\omega'$ par leurs valeurs en fonction de ρ et λ :

$$T_2 = -\frac{2\pi\alpha m_0 J}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}[\sin 2\pi(\chi + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b)$$
$$- \cos 2\pi(\chi + \delta)(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)]$$

Le travail total $T_1 + T_2$ a pour expression, en se souvenant que l'on a :

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

$$T_1 + T_2 = -\frac{2\pi\alpha m_0 J}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}[\sin 2\pi(\chi + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b$$
$$+ h_0) - \cos 2\pi(\chi + \delta)(2\pi\alpha\lambda a - \rho b)] \frac{2\pi\alpha\mu J^2 \cos 2\pi\delta}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

Ce travail total doit être égal, à chaque instant, au produit PJ^2, la résistance P étant la résistance réelle du circuit total parcouru par le courant d'excitation.

On doit donc avoir, en désignant par Q une constante facile à déterminer.

$$\sin 2\pi(\chi + \delta)(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) - \cos 2\pi(\chi + \delta)(2\pi\alpha\lambda a$$
$$- \rho b) = QI = Q\Delta[(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0) \cos 2\pi(\chi + \delta)$$
$$+ (2\pi\alpha\lambda a - \rho b) \sin 2\pi(\chi + \delta)]$$

ou

$$[(\rho a + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)[\sin 2\pi(\chi + \delta) - Q\Delta \cos 2\pi(\chi + \delta)]$$
$$= (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)[- \cos 2\pi(\chi + \delta) - Q\Delta \sin 2\pi(\chi + \delta)]$$

posons

$$Q\Delta = \operatorname{tg} 2\pi\varepsilon$$

il vient :

$$\frac{\mathrm{tg}\,2\pi(\chi+\delta)-\mathrm{tg}\,2\pi\varepsilon}{1+\mathrm{tg}\,2\pi(\chi+\delta)\,\mathrm{tg}\,2\pi\varepsilon}=\frac{2\pi\alpha\lambda a-\rho b}{\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0}$$

$$\mathrm{tg}\,2\pi(\chi+\delta-\varepsilon)=\frac{2\pi\alpha\lambda a-\rho b}{\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0}$$

Courant fourni par l'excitatrice. — L'*expression de l'intensité J* devient :

$$\Delta\sqrt{(\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0)^2+(2\pi\alpha\lambda a-\rho b)^2}\,[\cos 2\pi(\chi+\delta-\varepsilon)\cos 2\pi(\chi+\delta)+\sin 2\pi(\chi+\delta+\varepsilon)\sin 2\pi(\chi+\delta)]$$

ou enfin :

$$J=\Delta\cos 2\pi\varepsilon\sqrt{(\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0)^2+(2\pi\alpha\lambda a-\rho b)^2}$$

Le terme $\Delta\cos 2\pi\varepsilon$ étant constant, nous voyons que le courant fourni par l'excitatrice aura, à chaque instant, la même valeur que si l'axe de cette machine était rendu solidaire de celui de son alternateur.

Tenue des balais du collecteur. — Pour qu'il n'y ait pas d'étincelles aux balais, il faut que l'intensité du flux développé suivant la direction Oy soit proportionnelle à l'intensité J et que l'on puisse disposer à volonté de son coefficient de proportionnalité.

La première condition est naturellement satisfaite. En effet, si nous cherchons l'expression du flux F_2 développé suivant la direction Oy, comme nous l'avons fait pour le flux F, dirigé suivant la direction OΦ, nous trouvons que l'on a :

$$F_2=\frac{\mu}{N\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2l^2}}[-\sin 2\pi(\chi+\delta)(\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0)+(2\pi\alpha\lambda a-\rho b)\cos 2\pi(\chi+\delta)]$$

ou, puisque l'on a

$$\mathrm{tg}\,2\pi(\chi+\delta-\varepsilon)=\frac{2\pi\alpha\lambda a-\rho b}{\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0}$$

$$F_2=\frac{-\mu\sin 2\pi\varepsilon}{N\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2l^2}}\sqrt{(\rho a+2\pi\alpha\lambda b+h_0)^2+(2\pi\alpha\lambda a-\rho b)^2}$$

Ce flux est donc proportionnel à l'intensité J. Comme il en est de même pour le flux f_2 dirigé suivant la même direction la somme des flux ayant la direction Oy que développeront l'enroulement inducteur et les circuits à courants alternatifs des anneaux de l'excitatrice, sera proportionnelle à l'intensité J.

La seconde condition peut être satisfaite de la manière suivante :

Nous avons supposé, jusqu'à présent, que l'enroulement compensateur détruisait le flux engendré par l'armature et réciproquement. Supposons maintenant que cet enroulement soit établi de manière que la somme des flux ayant la direction Oy et qui sont tous proportionnels à l'intensité J ait à chaque instant la valeur voulue pour que la commutation se fasse bien.

Rien ne sera changé dans le fonctionnement du système. En effet, la force électromotrice développée entre les balais par les flux engendrés par l'armature et l'enroulement compensateur, sera nulle. L'expression de l'intensité J ne variera pas.

D'autre part, lorsque nous avons évalué le travail moteur fourni par les courants alternatifs, nous avons simplement supposé que le champ inducteur avait une intensité proportionnelle à l'intensité J du courant d'excitation et une direction constante que nous avons appelée OΦ.

Dans le cas actuel, il en est toujours ainsi. Nous observerons seulement que, au lieu de se confondre avec l'axe des bobines inductrices, la direction OΦ se confond maintenant avec la direction de la résultante des champs développés par les enroulements inducteur et compensateur et par l'armature à courant continu de l'excitatrice.

Donc, nous pourrons assurer une bonne commutation, le calage des balais étant indépendant du débit, en donnant un nombre de spires convenable à l'enroulement compensateur.

Mais le flux développé par cet enroulement est à angle droit avec celui développé par l'enroulement inducteur. On peut considérer ces deux flux comme les composantes d'un flux produit par un inducteur unique, convenablement calé par rapport aux balais.

Adoptons cette disposition ; notre excitatrice sera assimilable à une machine à cou-

rant continu ordinaire, montée en série, dont il suffira de caler, une fois pour toutes, les balais pour qu'il n'y ait jamais d'étincelles sur le collecteur.

Observation. — On voit facilement que le travail fourni par l'anneau A est proportionnel au carré de l'intensité du courant d'excitation et non à celui du débit $\sqrt{a^2+b^2}$ de l'alternateur.

Les circuits à courants alternatifs de l'anneau A étant montés en série avec ceux de l'alternateur, les choses se passeront comme si la résistance de chacun des circuits d'armature de l'alternateur variait avec son débit. Il en serait de même pour son coefficient de self-induction.

Ces effets seront très faibles car les forces électromotrices développées, dans les prolongements des circuits de l'armature de l'alternateur, disposés autour de l'anneau A, seront toujours très petites par rapport à celles dont ces mêmes circuits seront le siège, dans l'alternateur.

D'un autre côté, nous avons considéré comme constants les coefficients d'induction de l'alternateur, quel que soit son débit. Il arrivera le plus souvent que les variations de l'impédance de l'armature de l'alternateur, dues aux variations de son débit, seront supérieures à celles que nous venons de signaler.

Mais, si le circuit magnétique de l'anneau B est très fortement saturé lorsque le voltage a pris sa valeur normale, ce dernier ne s'en maintiendra pas moins très sensiblement constant.

En effet, nous avons vu que si le flux développé par les circuits à courants alternatifs de l'anneau A était égal à $K'i\sqrt{\rho^2+4\pi^2\alpha^2\lambda^2}$ et si celui développé par les circuits à courants alternatifs de l'anneau B était égal à Kh_0, il ne pouvait y avoir établissement d'un état de régime que lorsque le voltage h_0 avait pris une valeur telle que l'on eût $K = K'$.

Cette condition $K = K'$ peut être remplacée par la suivante

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2+4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

qui a la même signification physique et que nous avons supposée remplie en dernier lieu.

Le rapport $\frac{\mu}{\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2l^2}}$ va en diminuant lorsque le voltage h_0 augmente et cela d'autant plus vite que le circuit magnétique de l'anneau est plus voisin de la saturation.

Donc, si le terme $\frac{m_0}{\sqrt{\rho^2+4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$ varie pour une cause quelconque le terme $\frac{\mu}{\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2l^2}}$ varie de même, mais la variation que doit subir, pour cela, le voltage h_0, est d'autant plus petite que le circuit magnétique de l'anneau B est dans un état plus voisin de la saturation.

Il est donc facile de faire en sorte qu'à une variation notable de l'impédance $\sqrt{\rho^2+4\pi^2\alpha^2\lambda^2}$ ne corresponde qu'une variation insignifiante du voltage h_0.

Dans ce qui précède, nous avons supposé, à titre d'exemple, que l'alternateur était à courants biphasés. Mais on pourrait répéter les mêmes raisonnements, quel que fût le nombre des circuits décalés de l'armature de l'alternateur, même s'il était à courants alternatifs simples, pourvu que l'on eût disposé une cage d'écureuil dans les épanouissements polaires des inducteurs de l'excitatrice.

(*A suivre.*)

Maurice Le Blanc.

WATTMÈTRE ENREGISTREUR POUR COURANTS TRIPHASÉS
DE LA GENERAL ELECTRIC COMPANY

La General Electric Company vient d'installer à Schenectady le wattmètre triphasé enregistreur annoncé dans mon dernier article. Le type de construction définitivement adopté est un peu différent du type à tambour d'aluminium primitivement employé ; et, non seulement il est plus simple, mais il est plus parfaitement insensible aux variations de température de ses organes ou du milieu ambiant.

L'armature est un simple disque d'aluminium, dans deux sections duquel sont induits des courants de Foucault proportionnels aux voltages de deux branches du système triphasé. Pour cela sont disposées, aux extrémités d'un même diamètre AB (fig. 1), deux

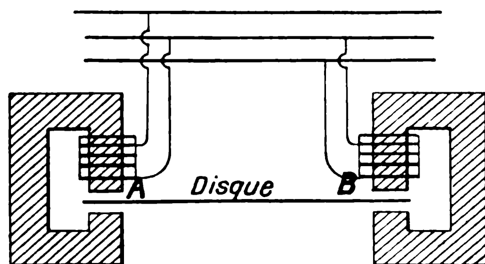


Fig. 1.

bobines de fil fin A et B placées en dérivation dans ces branches.

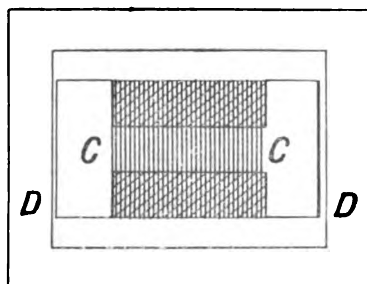


Fig. 2.

La résistance des bobines est à peu près négligeable par rapport à leur inductance; et celle-ci est augmentée par l'addition en série d'une bobine inductive spéciale, enroulée sur un noyau CC (fig. 2) et encastrée dans un cadre DD qui ferme convenablement le circuit magnétique.

Les courants de Foucault ainsi induits

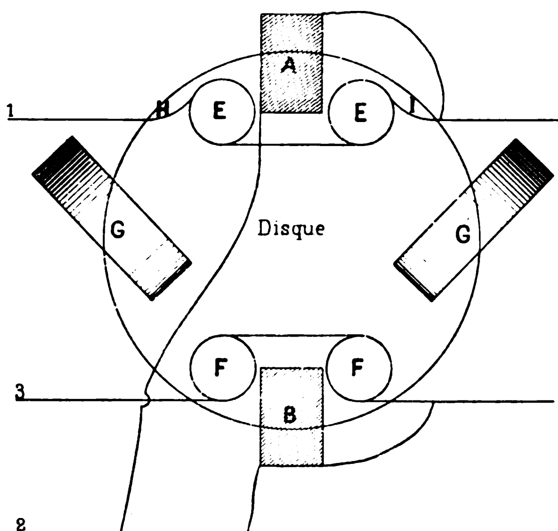


Fig. 3.

dans le disque, et convenablement déphasés par les bobines inductives comme nous allons le voir, réagissent sur les bobines de courant EE FF placées à proximité dans la figure 3, et insérées dans les branches comme le représente la même figure, et plus schématiquement la figure 4.

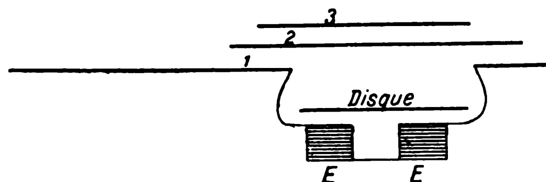


Fig. 4.

Le disque est assez étendu et par conséquent, les deux systèmes de bobines AEE; BFF assez éloignés pour n'avoir par d'influence mutuelle perturbatrice. Et les couples

simplement s'ajoutent et communiquent au disque une vitesse proportionnelle à la puissance totale.

GG (fig. 3) sont des aimants de Thomson, qui freinent avec une puissance proportionnelle au carré de la vitesse : soit Fv^2.

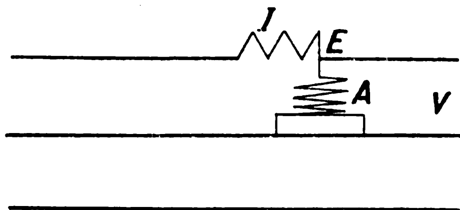


Fig. 5.

Cette puissance est la somme fournie par les couples moteurs dans les deux systèmes ; elle est donc égale à ΣCv.

C étant par exemple le couple dans le système AEE, cette somme de couples est donc proportionnelle à la vitesse — et pour prouver que celle-ci mesure la puissance, il suffit de prouver que le couple C est proportionnel à la puissance de la branche correspondante.

Or, la bobine shunt A est purement inductive, et le courant y retarde de 90° sur les volts aux bornes V.

De plus il leur est proportionnel. Le flux créé est en phase, les forces électromotrices induites dans le disque retardent de 90° sur le flux, qui retarde de 90° sur les volts V : donc sont opposées en phase à ceux-ci. Ils leur sont proportionnels, comme proportionnels au flux inducteur, lui-même proportionnel aux volts V.

Ces courants du disque réagissent sur le courant I de la bobine à gros fil avec un couple proportionnel au produit des deux s'ils sont en phase, c'est-à-dire a VI ou puissance de la branche quand le facteur de puissance égale 1, et si les volts V et le courant I sont hors de phase, celui-ci est hors de phase avec les courants de Foucault dont la phase est opposée à celle de V. Cette fois, ce qui détermine le couple de réaction des courants dans le disque est leur composante en phase : proportionnelle et opposée à la composante en phase du voltage déphasé V qui détermine la puissance VI cos φ. Le couple est donc encore proportionnel à la puissance ; et comme nous avons vu que la vitesse était proportionnelle au couple, on en conclut que la vitesse mesure la puissance. Et en la totalisant à la manière ordinaire on a une mesure de l'énergie consommée.

Remarquons que la température est sans influence, car elle altère la conductibilité du disque aux courants de Foucault induits par les freins aussi bien que ceux induits par les bobines.

Les essais de ce wattmètre ont affirmé sa grande constance, et ses excellentes qualités mieux qu'aucune théorie ne le saurait faire.

J.-W. Blackstone.

TRAVAUX DE L'ASSOCIATION BRITANNIQUE (¹)

Sur la corrosion électrolytique des conduites d'eau et de gaz par les courants de retour des tramways électriques.

La question de l'électrolyse des tuyaux par les courants de retour des tramways est loin d'être bannie de l'ordre du jour. Elle vient d'être reprise avec expériences à l'appui par M. Fleming.

Dans un réseau de tramways à retour par les rails, certaines parties de la voie sont positives par rapport aux tuyaux voisins, tandis que dans d'autres régions, ordinairement près de la station centrale, les rails sont négatifs. Le règlement du Board of Trade pres-

(¹) Voir *L'Éclairage Électrique* du 8 octobre, t. XVII, p. 59.

crit que dans le premier cas la différence de potentiel entre rails et tuyaux ne doit jamais dépasser 4,5 volts, et 1,5 volt dans le second cas.

Les régions dangereuses sont en général celles dans lesquelles le courant va du tuyau au rail à travers un sol électrolysable. En admettant donc que les règlements soient observés, il est d'intérêt pratique d'examiner si dans les conditions de fonctionnement normales une différence de potentiel positive de 1,5 volt du tuyau le plus proche au rail est capable d'endommager le tuyau par érosion électrolytique.

Une expérience faite au laboratoire de M. Fleming avec un échantillon de terre prise dans une tranchée d'une rue de Londres, en décembre 1897, a donné les résultats suivants : La terre a été mise dans une caisse en bois sec et bien verni, dont les dimensions intérieures étaient : hauteur 27,3 cm, largeur 18 cm, longueur 61 cm. La résistance mesurée entre deux électrodes en tôle d'une surface égale à la section du parallélipède de terre de 61 cm de longueur et de 491,4 cm^2 de section fut trouvée égale à 194 ohms (mesure au pont avec deux éléments de pile sèche). Le circuit restant fermé, la résistance monta progressivement à 277, puis à 283 ohms, ce qui indique une polarisation progressive et par suite une conduction électrolytique. Avec une différence de potentiel de 100 volts, on a fait passer un courant de 0,52 ampère dans la colonne de terre, ce qui indique une résistance de 194,5 ohms. Ces résultats sont concordants et montrent qu'à ce degré d'humidité, la terre en question possédait une résistance spécifique de 1 566 ohms-cm, soit une résistance de près de 16 ohms entre deux faces opposées d'un cube de 1 m de côté.

La résistance dépend naturellement dans une forte mesure du degré d'humidité. Une masse de sable mouillé avec de l'eau légèrement salée a donné 1 ohm pour 1 mètre cube. Le Dr Lindeck [1] a trouvé pour des blocs de ciment : à l'état normal, une résistance de 50 ohms pour 1 mètre cube, un minimum de 14 à 15 ohms après vingt-deux heures d'immersion dans l'eau et 270 ohms après un séchage spécial à 100° pendant cinq heures. Avec du béton (une partie de ciment, cinq parties de gravier), le même expérimentateur a trouvé pour 1 mètre cube environ 25 ohms après deux heures d'immersion, et une résistance de l'ordre de 500 000 ohms après quatre heures et demie de séchage à 100°. On a souvent prétendu que le béton est un bon isolant ; on voit que sa résistance dépend entièrement du degré d'humidité.

A un état moyen d'humidité, la plupart des matériaux dont est formé le sous-sol des villes doivent présenter une résistance spécifique de 15 à 35 ohms-m. Quoique cette résistivité soit grande par rapport à celle des métaux, elle peut, en raison des grandes surfaces métalliques enfouies dans le sol, donner une résistance totale très petite. Par exemple, entre deux longueurs de 100 mètres de tuyau de fer neuf de 15 cm de diamètre distantes de 1 m et placées à une profondeur de 60 cm, on mesurera en général une résistance de l'ordre d'un ohm. Il est donc évident qu'un voltage continuellement agissant, même inférieur à 1,5 volt peut, avec le temps, faire passer de grandes quantités d'électricité entre les canalisations métalliques de grande surface du sous-sol, et comme le courant est dans ces conditions en grande partie, sinon totalement, de nature électrolytique, les tuyaux jouant le rôle d'anode sont sujets à l'attaque électrolytique. Le passage d'un ampère pendant une semaine peut enlever aux tuyaux en fer 150 gr de métal environ, et le transformer soit en hydroxyde insoluble, soit en sels solubles qui se diffusent dans le sol. L'expérience suivante montre que la différence de potentiel maximum de 1,5 volts admise par le Board of Trade peut corroder rapidement une anode de fer : deux plaques de tôle placées dans une caisse en porcelaine contenant du sable mouillé d'eau salée furent maintenues à une différence de potentiel de

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. IX, p. 478.

1 volt déterminant un courant de 1/20 d'ampère. Au bout de dix jours, la plaque positive était fortement corrodée et la plaque négative pas du tout. D'ailleurs, en raison des actions locales, sans doute, la quantité de fer enlevée dépasse de beaucoup, quelquefois du triple, l'équivalent électrochimique de la quantité d'électricité.

Dans son mémoire de 1894 [1], M. Farnham a indiqué que quelques-uns des cas de corrosion de tuyaux les plus sérieux observés à Boston, étaient dus à des différences de potentiel entre tuyaux et rails ne dépassant pas 1,5 volt.

M. A.-T. Wells, citant quelques cas de corrosion de câbles qui se sont produits à Cincinnati, a remarqué que la différence de potentiel entre câble et rails n'était jamais supérieure à un demi-volt, et ordinairement inférieure à un quart de volt.

M. J.-C. Lee, de Boston, a produit expérimentalement la corrosion du plomb et du fer avec une différence de potentiel d'un centième de volt.

M. Fleming a obtenu en quelques jours une corrosion sensible d'une anode de fer placée dans du sable marin humide avec une différence de potentiel inférieure à un demi-volt et un courant de 0,03 ampère seulement.

Ces expériences montrent que la limite de 1,5 volt imposée par le règlement du Board of Trade ne donne pas toute sécurité. C'est ce qui a été vérifié sur une échelle un peu plus grande, à Bristol, avec des tuyaux servant à la canalisation d'eau. Trois longueurs de tuyaux neufs de 12 m comportant chacune trois joints au plomb et munies à ces joints de tiges verticales servant de prises de contact pour les mesures, furent enterrées à 60 cm de profondeur. L'une des longueurs servait de témoin, les deux autres (fig. 1) étaient reliées par l'intermédiaire d'une résistance à un élément d'accumulateur avec un ampèremètre et un voltmètre. On maintint ainsi pendant six mois, jour et nuit, une différence de potentiel de 1 volt; le courant variait entre 0,1 et 0,2 ampère.



Fig. 1.

Quand on déterra les tuyaux au bout de cette période, on trouva le tuyau négatif aussi net que le premier jour et sans la moindre trace d'oxydation; le tuyau positif était uniformément recouvert d'une couche orangée d'oxyde ou d'hydroxyde. L'expérience avait duré 4416 heures pendant lesquelles 662 ampères-heures avaient passé d'un tuyau à l'autre, ce qui correspond à l'attaque de 60 à 65 cm cubes de fer; l'épaisseur de la couche d'oxyde indiquait même une attaque plus rapide, et il est certain que si l'action électrolytique, au lieu d'être uniformément répartie à la surface du tuyau, avait été localisée, la corrosion aurait pris un aspect plus sérieux.

Les conditions électriques générales d'une ligne de tramway peuvent être grossièrement représentées par un diagramme comme celui de la figure 2. Une dynamo D débite sur un

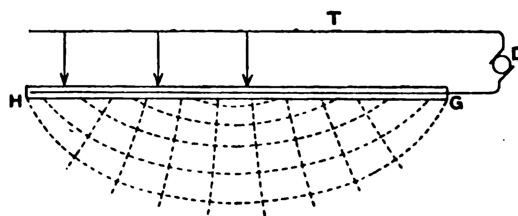


Fig. 2.

fil de trôlet T, et le courant après avoir alimenté des voitures réparties sur la ligne, se décharge dans les rails HG pour faire retour à l'usine. Le potentiel en H est plus élevé qu'en G; le Board of Trade admet un maximum de 7 volts pour la chute le long des rails. Cette chute de volts produit un ensemble de filets de courant aboutissant aux rails

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. V, p. 181.

comme l'indiquent les lignes pointillées, avec, orthogonalement, des surfaces équipotentielles qui se déplacent avec les voitures.

S'il existe dans la région occupée par ces filets de courant des canalisations souterraines dont les extrémités sont placées sur des surfaces équipotentielles différentes, ces canalisations deviennent forcément le siège de courants, quelles que soient leur conductibilité longitudinale et celle du sol avoisinant. Il est à remarquer que dans l'expérience précitée, chaque longueur de tuyaux dont le diamètre était de 13 cm, n'avait malgré la présence des joints, qu'une résistance de 1/25 ohm.

Le retour partiel par la terre ne peut être évité, même avec des joints de rails très conducteurs. M. H.-F. Parshall a trouvé récemment (1) dans des expériences faites sur une longueur de 12 km de voie en coupant les rails et en insérant un ampèremètre, que 60 p. 100 du courant total de retour prenait sa voie par la terre.

Il serait très intéressant pour la traction électrique comme pour d'autres industries de connaître le chemin parcouru par ces courants et les effets qu'ils produisent. Mais il est très difficile de faire des essais directs sur les lignes de tramways ; on ne peut, par exemple, couper les rails et les canalisations de gaz ou d'eau pour mesurer les courants qui y passent. M. Fleming a donc fait quelques expériences avec une sorte de modèle d'un système de tramway électrique à retour par les rails.

Une grande caisse en bois (fig. 3) paraffiné ou bien verni est remplie de sable marin ou de sable de rivière uniformément humecté d'eau salée. La résistivité de cette masse de sable peut être évaluée à environ 1 ohm-mètre. A la surface du sable qui représente la terre, on peut placer des conducteurs imitant une voie de tramway électrique. L'auteur a employé des tiges de plombagine et d'argile donnant la résistance voulue. Deux tiges connectées en parallèle par des fils de platine représentent la voie. On peut y provoquer une chute de potentiel de 7 volts, limite du Board of Trade, en reliant les extrémités à une batterie de quatre ou cinq éléments d'accumulateur. Pour examiner la distribution du courant dans la terre, on se sert d'une sorte

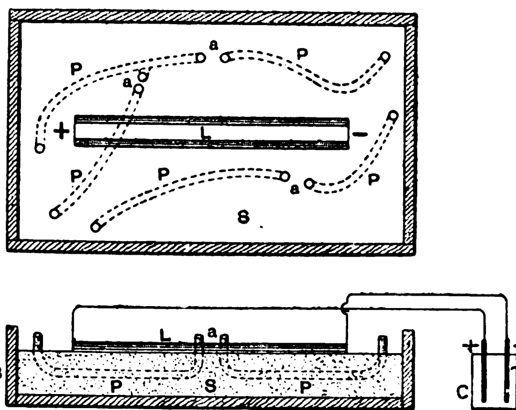


Fig. 3.

de fourche dont les deux branches isolées l'une de l'autre sont reliées respectivement aux bornes d'un galvanomètre. Des fils ou des tuyaux de fer ou de plomb peuvent être enfouis dans le sable pour représenter les canalisations. En coupant en des points *a*, *a* (fig. 3), les boucles de ces fils qui émergent du sol, on peut insérer un ampèremètre sensible dont les indications permettent de se faire une idée des courants qui circulent longitudinalement dans les tuyaux.

Les essais que l'on peut faire avec un pareil modèle grossier montrent que pour les grands réseaux de tramways on aurait avantage à créer des modèles d'expérimentation reproduisant fidèlement sur une petite échelle la disposition de la voie et des canalisations d'eau et de gaz ; en imitant les conditions électriques du réseau, on obtiendrait de précieux renseignements sur la distribution souterraine du courant et l'on pourrait dans bien des cas prévenir les effets d'électrolyse.

Les conclusions de l'étude de M. Fleming sont les suivantes :

1° La dérivation d'une partie du courant

(1) L'analyse des recherches de M. Parshall sera prochainement publiée.

par le sol ne peut être entièrement évitée s'il existe une différence de potentiel quelconque entre différentes parties de la ligne, quelle que soit d'ailleurs la conductibilité des joints, et même si l'on emploie des rails continus;

2° Une partie de ce courant dérivé doit nécessairement passer par les canalisations souterraines, et la proportion en est déterminée par :

a. La conductivité générale ou locale du sous-sol;

b. La conductibilité et la continuité des tuyaux dépendant de la nature des joints et des matériaux;

c. La longueur et la disposition des tuyaux et leur position par rapport aux surfaces équipotentielles;

d. L'état des tuyaux en ce qui concerne l'oxydation, etc. La position la plus favorable au passage du courant dans les tuyaux est le voisinage d'un point d'aboutissement de feeder de retour lorsque le tuyau règne sur une certaine longueur parallèlement aux rails;

3° Les régions dangereuses sont celles où le courant quitte le tuyau pour retourner au rail ou même au tuyau. Il faut en outre que la conduction soit électrolytique et que par conséquent le sol contienne des sels électrolysables et l'humidité nécessaire;

4°. Dans le cas précédent, la limite de 1,5 volt pour la différence de potentiel ne présente pas toute sécurité, on peut seulement dire que plus le voltage est faible, moins le dommage est grand. La corrosion électrolytique peut se produire déjà avec une différence d'une petite fraction de volt entre tuyau et rail;

5° Certaines conditions locales du sol avoisinant le point le plus positif du tuyau par rapport au rail créent le maximum de danger. C'est notamment la présence de chlorures solubles due à des infiltrations de toute nature qui facilite l'électrolyse des tuyaux de fonte. La rapidité avec laquelle le chlore libéré par l'électrolyse attaque le métal est naturellement d'autant plus grande que l'action est concentrée sur une surface plus limitée;

6° Les conditions déterminantes de l'attaque électrolytique des canalisations étant nombreuses et difficiles à prédéterminer, il est important que sur tout réseau de tramways à retour par la terre, il soit exercé un contrôle permettant d'établir fréquemment une carte des potentiels régnant aux différents points, et principalement dans les régions dangereuses.

Ces constatations de M. Fleming ont leur utilité : il est bon de connaître le danger pour y parer efficacement; mais le remède radical à l'électrolyse par le courant de retour des tramways est encore à trouver.

A. Hess.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Lampe à arc enfermé Sonia [1].

La lampe Sonia (fig. 1) se compose de trois parties, la partie inférieure comprend l'arc lumineux, la partie moyenne le mécanisme et la partie supérieure une résistance. L'enveloppe est complètement isolée du corps de la lampe.

Les deux bornes de la lampe, la positive *d* et la négative *e* sont fixées (fig. 2) au plateau supérieur *f*. Le deuxième plateau *c* supporte au-dessus de lui la résistance et soutient le solénoïde *h* en série avec l'arc; le courant arrive ensuite au tube *a* qui sert à soutenir le charbon positif.

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XIX, p. 660, 29 septembre 1898.

Dans le solénoïde, se déplace un noyau de fer doux *i*, muni à sa partie inférieure d'un amortisseur à air *k* et d'un anneau *l* pour maintenir le charbon.

Les tiges *m* qui servent à supporter le charbon négatif sont fixées et isolées dans le plateau *b*, l'une d'elles est reliée à la borne *e*.

La partie supérieure du globe qui enveloppe l'arc électrique porte un anneau *o*

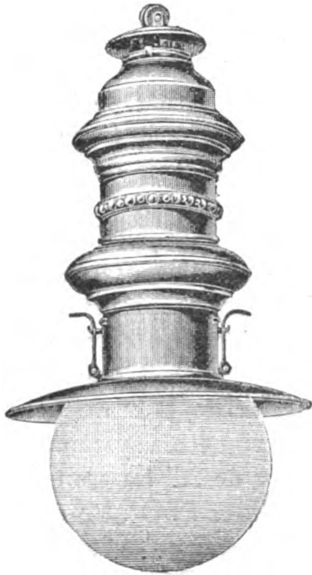


Fig. 1. — Lampe à arc Sonia.

(fig. 3) muni de deux encoches à la suite desquelles se trouvent deux surfaces inclinées qui vont rejoindre la surface inférieure de l'anneau.

Deux roulettes *p* pressées par un ressort contre le plateau *b* s'engagent dans les encoches, roulent sur les surfaces inclinées quand on tourne le globe vers la droite et par suite pressent l'anneau contre le plateau *b*.

Cet anneau est recouvert d'amiante qui assure un contact doux et uniforme.

Lorsque l'on veut remplacer les charbons, on tourne l'anneau vers la gauche, pour dégager le globe *r*; on enlève le charbon négatif et sa pince *n*. On introduit alors le charbon positif dans le tube *a* jusqu'au niveau de l'ouverture *s* et on place le négatif de façon à aisser un intervalle de 1 cm environ.

On enlève la poussière du charbon sur le cylindre de verre *r* au moyen d'un petit bâton de bois entouré d'un chiffon imprégné d'alcool. Il faut ensuite avoir soin de le frotter, afin de bien le dessécher.

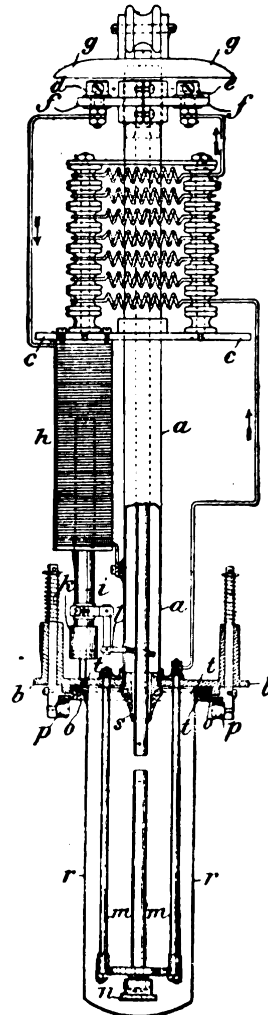


Fig. 2. — Connexions dans la lampe Sonia.

La lampe peut être employée directement pour les tensions de 100 volts. Au delà, pour 200 et 300 volts, on dispose les lampes en série.

Pendant l'ouverture du circuit les charbons sont en contact. Quand on le ferme, la bobine *h* attire le noyau de fer doux qui relève l'extrémité gauche de l'anneau *l* qui tient le charbon positif. Ce charbon est soulevé et l'arc jaillit. Pendant la combustion, le noyau

de fer doux s'abaisse et par suite l'anneau *l* glisse jusqu'à la partie supérieure de l'ouverture *s*, le charbon est dégagé et s'abaisse d'une petite quantité (1/10 de mm) jusqu'à ce qu'il soit ressaisi par l'anneau. Ce mouvement

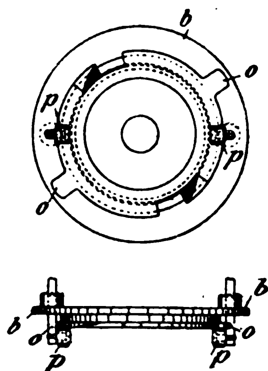


Fig. 3. — Anneau pour appliquer le globe contre le plateau. Vue de face et coupe.

du charbon évite toute intermittence de la lumière.

Comme on le voit d'après les dimensions, le charbon supérieur ne brûle pas complètement, on emploie le reste pour remplacer le charbon inférieur ; de sorte qu'il n'y a jamais qu'à renouveler le charbon positif et que le négatif est brûlé complètement jusqu'à la pince *n*.

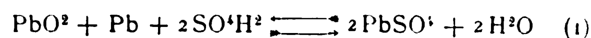
La durée des lampes varie suivant l'intensité entre 100 et 200 heures.

Dans le cas de courants alternatifs, la résistance placée à la partie supérieure est remplacée par une self-induction. J. R.

Théorie chimique des accumulateurs au plomb ;

Par F. Dolezalek [1].

La théorie la plus simple des accumulateurs au plomb est exprimée par l'équation chimique :



$$PbO^2 + Pb + 2SO^4H^2 \rightleftarrows 2PbSO^4 + 2H^2O \quad (1)$$

La décharge correspond à l'équation lue de gauche à droite ; la charge, à l'équation lue de droite à gauche.

Force électromotrice. — Streintz a calculé depuis longtemps que la force électromotrice de l'accumulateur correspondant aux 87 000 calories que dégage la réaction ci-dessus est égale à 1,885 volt, tandis que l'expérience donne 1,900. La théorie est donc suffisante à cet égard.

Relation entre la force électromotrice et la concentration de l'acide. — Toutes les expériences prouvent que la force électromotrice de l'accumulateur croit notablement avec la concentration de l'acide.

Pour vérifier si l'hypothèse rend compte quantitativement de cette variation, on met en opposition deux accumulateurs, dont l'un A renferme un acide plus concentré que celui de l'autre B. La force électromotrice de A est supérieure à celle de B et on peut enlever de l'énergie électrique au système en chargeant B aux dépens de A. La transformation des substances solides PbO^2, Pb et SO^4Pb se fait en sens inverse par quantités égales dans les deux éléments et l'énergie nécessaire à la production du courant est fournie entièrement par le transport de SO^4H^2 de A vers B et de H^2O de B vers A. A une quantité d'électricité de 96 540 coulombs fournie par le système, correspond une variation d'énergie libre égale à :

$$F = \Delta E \times 96\,450 \text{ joules}, \quad (2)$$

en désignant par $\Delta E = E_A - E_B$ la différence entre les forces électromotrices des deux éléments A et B. La valeur de F est donnée par deux modes de calcul indépendants : 1° en fonction des phénomènes calorifiques qui accompagnent le transport de l'eau et de l'acide sulfurique, et du coefficient de variation de la force électromotrice avec la température ; 2° par le calcul de Helmholtz, en considérant un cycle isotherme de vaporisation.

1. D'après Thomsen, la chaleur de dilution

---

[1] *Wied. Ann.*, t. LXV, p. 894-916, juillet 1898.

de l'acide sulfurique est représentée par la formule empirique :

$$Q = \frac{a.b}{b + 1{,}798\,a}\ 17860 \text{ cal.}$$

pour le mélange de a molécules-grammes de SO^4H^2 avec b molécules H^2O.

Le mélange SO^4H^2 ou de H^2O avec un excès d'une dissolution renfermant $a\ SO^4H^2 + bH^2O$ dégagera une quantité de chaleur,

$$Q' = \frac{\partial Q}{\partial a} = \frac{17\,860\, b^2}{(b + 1{,}798\, a)^2} \quad \text{pour } SO^4H^2$$

$$\varphi'' = \frac{\partial Q}{\partial b} = \frac{17\,860\, a^2}{(b + 1{,}798\, a)^2} \quad \text{pour } H^2O.$$

La transformation du système (AB) telle que nous l'avons supposée correspondra à une variation U de l'énergie totale, telle que :

$$U = \varphi'_B - Q'_A + Q''_A - Q''_B.$$

D'autre part :

$$F = U + \frac{\partial F}{\partial T}$$

et par conséquent, d'après la valeur (2) de F,

$$\Delta E = \frac{U}{23\,073} + T\,\frac{\partial \Delta E}{\partial T} \qquad (3)$$

Le coefficient différentiel $\frac{\partial E}{\partial T}$ a été déterminé expérimentalement par Streintz ; cette équation permet donc de calculer ΔE.

2. Nous pouvons envisager la transformation à un autre point de vue, imaginer que de l'accumulateur on fasse sortir par une vaporisation isotherme la quantité d'eau qu'il faut ajouter à 1 molécule SO^4H^2 pour l'amener à la même concentration que l'acide de l'accumulateur. Soit $a\ SO^4H^2 + b\ H^2O$ la composition de ce dernier : la quantité d'eau à faire distiller est :

$$n = 18\,\frac{b}{a}\text{ gr.}$$

Désignons par p_A et par p_B la tension de la vapeur d'eau au-dessus des acides contenus dans les éléments A et B, par p la tension variable au-dessus de l'acide transformé, le travail de vaporisation pour 1 gr d'eau est égal respectivement à

$$RT \text{ log. nép. } \frac{p_A}{p}$$

et

$$RT \text{ log. nép. } \frac{p_B}{p}$$

R étant la constante des gaz.

Pour n grammes, ces quantités de travail deviendront :

$$\mathcal{T}_A = \frac{RT}{18}\int_0^{n_A} \text{log. nép. } \frac{p_A}{p}\, dn$$

$$\mathcal{T}_B = \frac{RT}{18}\int_0^{n_B} \text{log. nép. } \frac{p_B}{p}\, dn.$$

Le travail résultant, correspondant au transport de 1 molécule de SO^4H^2 de A à B, aura pour expression :

$$\mathcal{T}_B - \mathcal{T}_A = \frac{RT}{18}\int_0^{n_B} \text{log. nép. } \frac{p_A}{p}\, dn - \frac{RT}{18}\int_0^{n_A} \text{log. nép. } \frac{p_B}{p}\, dn = \frac{RT}{18}\Big(n_B \text{ log. nép. } p_B - n_A \text{ log. nép. } p_A - \int_{n_A}^{n_B} \text{log. nép. } p\, dn.\Big)$$

D'autre part, le transport d'une molécule H^2O de B vers A fournit un travail

$$RT \text{ log. nép. } \frac{p_B}{p_A}$$

En substituant ces valeurs dans l'expression de ΔE, exprimant R en joules et passant des logarithmes népériens aux logarithmes vulgaires, on arrive finalement à l'expression :

$$\Delta E = 0{,}110.10^{-4}\, T\Big(n_B \text{ log. } p_B + 18 \text{ log } \frac{p_B}{p_A} - n_A \text{ log. } p_A - \int_{n_A}^{n_B} \text{log.} p dn.\Big).$$

Comme les mesures de Dieterici nous font connaître très exactement les tensions de vapeur des dissolutions d'acide sulfurique, nous avons toutes les données nécessaires pour calculer ΔE.

L'auteur a effectué l'expérience avec deux éléments Planté, à plaques rectangulaires,

qui étaient maintenus à la température de 0°, et aussi sur deux éléments Tudor du modèle usuel. Les valeurs trouvées dans ces expériences sont en accord remarquable avec les valeurs déduites des formules : elles sont seulement un peu plus faibles, sans doute parce qu'on n'a pas tenu compte dans le calcul du sulfate de plomb dissous dans l'acide et qui en abaisse la tension de vapeur.

Cette concordance confirme l'exactitude de la théorie représentée par l'équation (1), elle exclut les théories d'Elbs et de Darriens d'après lesquelles la formation ou la décomposition de PbO^2, Pb, SO^4Pb serait un phénomène secondaire, consécutif à la formation de bisulfate de plomb et d'acide persulfurique, cette réaction secondaire ne saurait avoir lieu sans entraîner une perte d'énergie libre.

Par conséquent, toute substance ajoutée à l'acide de l'accumulateur qui diminuerait la tension de vapeur d'eau, sans troubler le phénomène électrolytique, élèverait la force électromotrice de l'accumulateur. Il semble d'ailleurs très difficile de trouver une substance jouissant de ces propriétés et susceptible de résister longtemps à l'action de l'acide sulfurique et de l'oxyde de plomb.

3. *Force électromotrice de l'accumulateur pendant la charge et pendant la décharge.* — La théorie précédente semble en contradiction avec le fait que la force électromotrice d'un accumulateur est toujours plus grande pendant la charge que pendant la décharge; cette circonstance avait amené à penser que les phénomènes étaient en partie irréversibles. Cette particularité s'explique facilement par les propriétés mécaniques de l'accumulateur. La matière active forme aux deux pôles une masse poreuse, spongieuse, à travers laquelle l'acide sulfurique ne se diffuse qu'avec une lenteur relative. Pendant la charge, l'acide formé s'accumule dans cette masse, l'acide s'y trouve plus concentré que dans la région intermédiaire; pendant la décharge, il s'y trouve au contraire plus dilué; il en résulte, d'après ce qui a été dit plus haut, que la force électromotrice est plus grande lors de la charge.

Cette explication se vérifie par l'examen de la courbe des forces électromotrices obtenue en passant rapidement de la charge à la décharge (fig. 1).

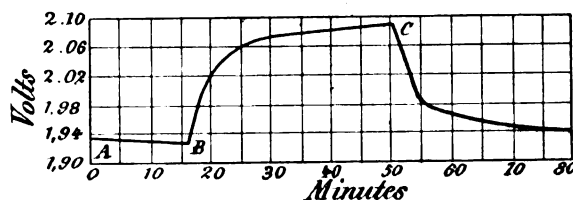


Fig. 1.

L'intensité du courant, soit de charge, soit de décharge, est maintenue constamment égale à 2 ampères. Les abcisses sont proportionnelles aux temps et les ordonnées aux forces électromotrices diminuées de la chute de potentiel corespondant à la résistance intérieure. Le segment AB correspond à la partie moyenne d'une courbe de décharge normale. En B, on renverse rapidement le sens du courant; la force contre électromotrice de l'accumulateur ne remonte pas brusquement mais prend la valeur qui répond à la charge progressivement; il faut que l'élément ait été traversé par environ 10 ampères-minute. En C, on renverse encore une fois le sens du courant; il se produit un phénomène analogue, la force électromotrice baisse progressivement et atteint la valeur qui correspond à la décharge quand l'élément a laissé passer à peu près la même quantité d'électricité que ci-dessous.

La variation de la concentration dans les électrodes suffit complètement à expliquer la chute progressive de la tension de décharge de 1,95 à 1,80 volt et l'élévation de la tension de charge de 2,15 à 2,25 volts. L'effet est double : d'abord le changement de densité de l'acide influe directement sur la force électromotrice ; en outre les lignes de courant pénètrent plus ou moins profondément dans la substance active, ce qui accroît la différence de concentration de l'acide entre l'intérieur et l'extérieur des plaques.

4. *Résistance intérieure.* — Les variations de concentration de l'acide au voisinage des plaques doivent influer aussi sur la résistance intérieure de l'élément. L'auteur a mesuré la résistance d'un élément qui renfermait 800 cm^3 d'acide sulfurique à 22,1 p. 100 à deux reprises : après la charge, et après en avoir utilisé 2,8 ampères-heure ; lors de cette dernière mesure, la richesse de l'acide était réduite à 21 p. 100. Le rapport des résistances spécifiques des acides serait d'après les nombres de Kohlrausch, 1,02, tandis que le rapport des résistances mesurées sur l'élément est de 1,39 ; il se produit donc une augmentation de la résistance au voisinage des électrodes ; d'autre part, la diminution de la résistance pendant la charge se traduit sur la courbe des tensions par un maximum tout près de l'origine.

5. *Rendement.* — La perte d'énergie qui abaisse le rendement effectif de l'accumulateur à 75 ou 85 p. 100, tandis qu'on récupère 94 à 97 p. 100 de la charge, est due pour la plus grande partie à l'abaissement de la tension de décharge et par suite aux variations de concentration que subit l'acide dans les plaques. On a admis jusqu'à présent que l'homogénéité ne se rétablissait que par simple diffusion, sans tenir compte des difficultés que peut rencontrer cette diffusion dans des canaux étroits où se produit une vive électrolyse, ainsi que cela a lieu dans les accumulateurs.

Comme on l'a supposé dans les calculs ci-dessus, il existe au contact de deux dissolutions sulfuriques de concentrations inégales une force électromotrice ; comme les masses actives aux deux électrodes forment par rapport à l'acide un système réversible, ces forces électromotrices n'entraînent pas de polarisation. Il doit donc circuler dans les pores de la matière active des courants électriques de concentration énergiques et ce sont ces courants qui jouent certainement le rôle principal dans le transport de l'acide à travers la masse active, comme le prouve une expérience directe. Dans un tube en U on verse de l'eau colorée par un peu de tournesol ; dans l'une des branches, on place une plaque d'accumulateur récemment chargée et dans l'autre on verse avec précaution au-dessus de l'eau de l'acide sulfurique étendu : dans celle-ci la surface de séparation marquée par le changement de coloration n'a pas encore subi de déplacement appréciable, alors que le changement de coloration s'est étendu à toute l'autre branche.

La concentration varie dans la matière active jusqu'au moment où les forces électromotrices de concentration ont acquis une valeur suffisante pour que dans un temps donné ils amènent dans les pores (ou en fassent sortir) une quantité d'acide égale à celle que consomme (ou forme) le courant de l'accumulateur. A chaque vitesse de charge (ou de décharge) doit donc correspondre une chute de concentration déterminée et par suite une force électromotrice déterminée, ce qu'on trouve effectivement.

Le travail qu'exige la production et le maintien d'une différence de concentration donnée, est égal au travail maximum qu'on peut récupérer en rétablissant l'égalité de concentration, puisque ces changements de concentration sont susceptibles d'être effectués par voie isotherme et réversible.

La perte d'énergie ε est donc égale à la chaleur de Joule dégagée par les courants de concentration. Si i désigne la somme des intensités de ces courants, r la somme des résistances qu'ils ont à traverser, t le temps en secondes :

$$\varepsilon = i^2 r t$$

La résistance r se compose de la résistance de l'acide renfermé dans les pores de la substance active et de la résistance de celle-ci, qui est négligeable devant la première ; on peut donc prendre :

$$r = \frac{\gamma}{k}$$

k étant la conductibilité moyenne de l'acide,

et écrire :

$$\varepsilon = \frac{\gamma i^2 t}{k}$$

Quand le régime stationnaire est atteint, c'est-à-dire quand les pertes ou gains de concentration font équilibre aux gains ou pertes par le courant principal, comme les uns sont proportionnels à l'intensité i, les autre à l'intensité I du courant principal, l'équilibre exige que i soit proportionnel à I ; il faut donc que :

$$\varepsilon = C^n \frac{\gamma}{k} I^2 t.$$

Pendant la charge l'acide est plus concentré, pendant la décharge, moins concentré à l'intérieur qu'à l'extérieur des plaques ; ε passera donc par une valeur minima quand l'acide aura pendant la charge une concentration un peu inférieure à celle qui correspond à la conductibilité maxima, et pendant la décharge, une concentration un peu supérieure à celle-là. L'accumulateur travaillant avec la même intensité du courant de charge et du courant de décharge donnera donc le maximum de rendement si l'acide est la conductibilité maxima : (30,4 p. 100 de SO^4H^2 ; densité : 1,224). Cette prévision se trouve confirmée par les mesures de Earle et de Heim. D'autre part, toute modification qui provoque une diminution de la conductibilité de l'acide, comme l'addition de silice, de gélatine, doit entraîner une diminution du rendement ; c'est aussi ce qui se produit et dans les proportions que prévoit la théorie.

Pour obtenir une relation exacte entre la perte ε et l'intensité principale I, il faut connaître k en fonction de la concentration ; ou bien il faut déterminer la relation entre $\frac{\gamma}{k}$ et I par la méthode expérimentale de Nernst et Haagn. Si les courants de charge et de décharge ont la même intensité, on peut regarder en première approximation k comme indépendant de I : $C \frac{\gamma}{k}$ est alors une constante K et il vient :

$$\varepsilon = K I^2 t$$

ou plus généralement :

$$\varepsilon = K \int I^2 \, dt.$$

Les données expérimentales nécessaires pour vérifier cette formule ne sont pas connues avec une précision suffisante ; toutefois les valeurs déterminées pour K sont concordantes ainsi que les valeurs mesurées et calculées pour le rendement.

6. *Capacité.* — La capacité d'un accumulateur désigne la quantité d'électricité qu'on peut en retirer avant que la force électromotrice ne commence à tomber rapidement. Elle est presque toujours plus faible pratiquement que la capacité calculée d'après le poids de la matière active, suivant la loi de Faraday. Ce n'est donc pas le manque de matière active qui amène la chute de la force électromotrice ; cette chute tient à ce que les courants de concentration ne suffisent plus à entretenir le transport d'acide nécessaire pour réparer les pertes dues à l'électrolyse ; cette idée a été émise déjà par Schoop. D'après cette manière de voir, toutes les circonstances qui augmentent ou diminuent le rendement doivent augmenter ou diminuer

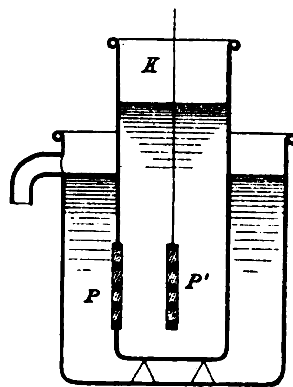


Fig. 2.

la capacité ; en fait, ces deux éléments subissent des variations parallèles. La preuve est donnée aussi par une expérience très suggestive de Liebenow. Liebenow soude dans la paroi d'une caisse de plomb K (fig. 2) une pla-

que négative P formant fenêtre et fermant hermétiquement : dans l'intérieur de la caisse est suspendue une plaque positive P′ ; la caisse est elle-même introduite dans un réservoir et les deux sont remplis d'acide d'abord à la même hauteur, puis l'acide est maintenu dans la caisse K à un niveau plus élevé, de manière qu'il filtre constamment à travers la plaque P. La capacité est environ trois fois plus grande dans le second cas. D'autres mesures du même auteur, sur la variation de la capacité avec l'intensité du courant, montrent également qu'il s'agit là d'un phénomène de retard.

Il est à remarquer, pour terminer, que la conductibilité métallique du plomb spongieux et du peroxyde joue un rôle important ; c'est elle qui en favorisant les courants de concentration permet de demander à l'accumulateur de grands débits.

Dans tout élément où le dépolarisant est solide et difficilement soluble, il est indispensable qu'il soit bon conducteur si on veut que l'élément soit susceptible de fournir des courants intenses. M. L.

L'influence de la température sur les indicateurs des compteurs Thomson ;

Par W.-L. Hooper [1].

Dans une communication présentée l'an dernier par le professeur Ayrton au meeting de Toronto de la British Association, M. G.-W.-D. Ricks donnait le nombre — 0,0032 pour le coefficient de température d'un wattmètre Elihu Thomson qu'il avait essayé. Il résulterait de ce chiffre qu'une variation de température de 3 degrés centigrades modifierait de $0{,}0032 \times 3 = 0{,}0096$, soit près de 1 p. 100, la valeur de la constante du wattmètre et par conséquent la valeur des indications de l'instrument. Cette variation considérable lui paraissant en complet désaccord avec l'observation journalière de wattmètres soumis à des variations importantes de température, M. Hooper résolut d'entreprendre de nouveaux essais.

Ces essais ont porté sur quatre wattmètres Thomson pris au hasard dans les magasins de la General Electric Company. Deux d'entre eux étaient construits pour une intensité maxima de 15 ampères et des tensions respectives de 50 et 100 volts ; les deux autres pouvaient supporter une intensité de courant de 25 ampères sous des tensions respectives de 50 et 100 volts.

Pour les essais les compteurs étaient enfermés dans une étuve en cuivre à doubles parois d'environ 76 cm de longueur, 50 de hauteur et 35 de profondeur. L'intervalle entre les parois, de 5 cm de largeur, était rempli d'eau. Un brûleur Bunsen servait à faire varier la température qui, pendant le jour, alors que la pression du gaz restait sensiblement la même, pouvait être maintenue constante à moins d'un degré centigrade. L'étuve était munie d'une porte à double paroi de verre permettant de voir les compteurs.

Le courant principal était fourni par une batterie d'accumulateurs ; une seconde batterie d'éléments de petites dimensions permettait d'obtenir entre les extrémités de l'enroulement en dérivation du compteur, la différence de potentiel pour laquelle l'instrument était gradué. L'intensité et la différence de potentiel étaient mesurées à l'aide d'un ampèremètre et d'un voltmètre Weston préalablement étalonnés à l'aide de balances Kelvin.

Les indications du wattmètre étaient déduites de l'observation de la vitesse de rotation du disque. Pour cela, un observateur placé devant la porte de l'étuve indiquait les instants où un repère tracé sur le disque passait devant un repère fixe, en frappant sur une table ; d'autres observateurs relevaient les indications de leurs montres à ce signal. Les moyennes des valeurs trouvées ainsi par chaque observateur pour la durée d'un tour ne différaient que de quelques millièmes de

(1) *The Electrical World*, t. XXI, p. 384, 1898.

seconde, ce qui montre que le procédé est suffisamment précis.

Chaque compteur était essayé sous des charges diverses, mais pour une différence de potentiel constante, à des températures voisines de 0, 16, 32 et 44° centigrades.

Les résultats trouvés pour les coefficients de température sont donnés par le tableau ci-joint où la première colonne indique l'intensité et la tension pour lesquelles le compteur était construit ; la seconde, l'intervalle de température auquel se rapporte la valeur du coefficient inscrite dans la troisième colonne.

COMPTEUR	INTERVALLE de température.	COEFFICIENT de température.
25 amp. 50 volts.	0° — 44°	— 0,00056
	0° — 33°	— 0,00031
	0° — 16°	— 0,00059
15 amp. 50 volts.	0° — 63°	— 0,00043
	0° — 42°	— 0,00048
	0° — 33°	— 0,00038
	0° — 16°	— 0,00030
25 amp. 100 volts.	0° — 44°	— 0,00050
	0° — 32°	— 0,00060
	0° — 19°	— 0,00053
15 amp. 100 volts.	0° — 44°	— 0,00060
Moyenne		— 0,00048

On remarquera, comme l'auteur le fait d'ailleurs observer lui-même, que les nombres de la troisième colonne présentent d'assez grandes différences. Cela tient à ce qu'une erreur de 1 p. 100 dans le calcul de la constante (voisine de 0,5) du compteur aux diverses températures entraine une erreur de 100 p. 100 dans la valeur du coefficient de température. Toutefois, M. Hooper considère que l'ensemble de ces résultats prouve que le coefficient de température est voisin de — 0,0005, soit 8 fois plus petit que celui trouvé par M. Ricks. Dans ces conditions une variation de 20° de la température du compteur ne produit qu'une variation de 1 p. 100 dans les indications de l'instrument.

L'auteur examine ensuite quelles sont les causes de la variation d'un compteur Thomson avec la température.

En premier lieu le champ magnétique produit par les aimants diminue d'intensité quand la température s'élève : d'où diminution de l'intensité des courants de Foucault induits dans le disque de cuivre et par suite augmentation de la vitesse de rotation et diminution de la constante.

En second lieu, la résistance spécifique du cuivre du disque croît en même temps que la température, ce qui a encore pour effet de diminuer l'intensité des courants de Foucault et de diminuer la constante.

Enfin, la résistance de l'armature du moteur du compteur étant augmentée par une élévation de température, l'intensité du courant qui la traverse diminue : d'où diminution du couple moteur et par suite diminution de la vitesse de rotation et augmentation de la constante.

Les résultats de M. Hooper, aussi bien d'ailleurs que ceux des essais de M. Ricks, prouvent, en indiquant que le coefficient de température est négatif, que l'effet de cette dernière cause est moindre que l'effet combiné des deux premières. La compensation serait évidemment plus imparfaite encore si l'armature, au lieu d'être faite en fil de cuivre était faite de fil d'un alliage comme le maillechort ayant un coefficient de température plus faible L'emploi de fil de maillechort ou tout autre alliage à faible coefficient de température est donc à rejeter. Mais au contraire on peut espérer qu'en prenant un disque amortisseur en alliage de cette nature on obtiendrait une meilleure compensation puisqu'on atténuerait ainsi l'effet d'une des deux causes tendant à diminuer la constante du compteur. L'auteur se propose d'effectuer des recherches dans ce sens. J.-B.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 7 décembre 1898.

M. ARMAGNAT présente un modèle de l'*hystérésimètre Blondel.*

Cet hystérésimètre, construit par M. Carpentier, permet de mesurer la perte d'énergie causée par l'hystérésis dans un échantillon de fer soumis à une induction connue et constante. Il permet donc de comparer entre elles, au point de vue de l'hystérésis, différentes qualités de fer, ou de déterminer, en valeur absolue, le coefficient η de Steinmetz, avec une approximation qui est, probablement, du même ordre que celle des autres méthodes employées dans l'industrie.

Le fer à essayer est mis sous forme d'anneaux plats *a* (fig. 1), de 38 et 55 mm de diamètre, empilés jusqu'à former une épaisseur de 4 mm ; c'est donc sur une très petite quantité de matière que porte l'essai. Découpés et recuits, les anneaux sont placés sur un support S, qui se fixe sur un axe vertical. Un ressort hélicoïdal dirige le système et sert de force antagoniste.

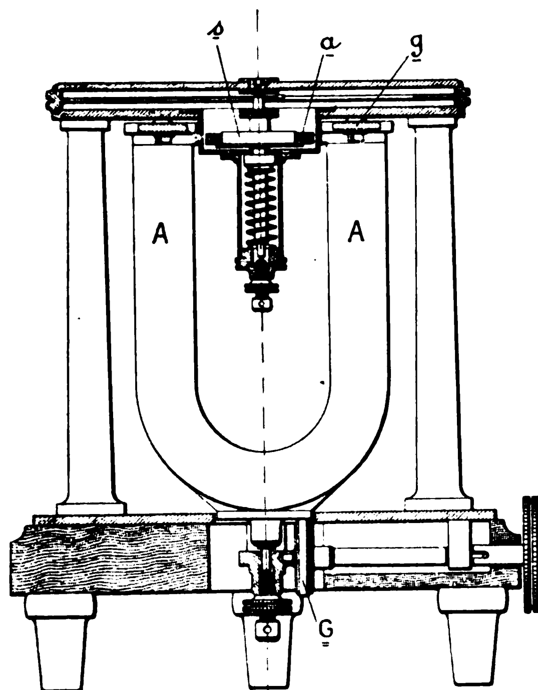


Fig. 1.

Un aimant en fer à cheval A, à branches verticales, est placé symétriquement à l'échantillon et peut tourner autour d'un axe concentrique aux anneaux. Grâce à cette disposition, tous les points de l'échantillon sont soumis successivement à la même induction et, pour une rotation complète de l'aimant, l'anneau parcourt un cycle magnétique complet.

Si on fait tourner l'aimant d'une façon continue, à raison de 1 ou 2 tours par seconde, à cause de l'hystérésis, le fer est entraîné jusqu'à ce que le couple de torsion du ressort fasse équilibre au couple moteur; la déviation est alors proportionnelle à la perte d'énergie pour chaque cycle parcouru. En réalité, comme l'appareil n'a pas de zéro, puisqu'il peut y avoir une aimantation préalable du fer, on fait 2 lectures, en renversant le sens de rotation. La double déviation observée, multipliée par un coefficient qui dépend du couple de torsion et du volume du fer essayé, donne alors la perte, en ergs ou en watts pour chaque cm^3 de fer, correspondante à la valeur de $\mathfrak{B}$ donnée par l'aimant.

Pour assurer la constance de $\mathfrak{B}$, quelle que soit la perméabilité du fer, on donne à l'entrefer une reluctance très grande relativement à celle des anneaux. En fait pour des valeurs de μ de 1 000 à 2 000, $\mathfrak{B}$ varie à peine de 2 à 3 p. 100.

Employé sous cette forme l'appareil rappelle l'hystérésimètre d'Ewing. Il en diffère par les points suivants : dans l'appareil anglais l'échantillon rectangulaire passe entre les pôles assez étroits d'un aimant, de telle sorte que l'aimantation conserve une direc-

tion presque constante, mais de grandeur alternative, comme le fait se présente dans les transformateurs. Dans l'appareil de Blondel, au contraire, l'aimantation reste presque constante, mais elle varie en direction ; on mesure l'hystérésis tournante au lieu de l'hystérésis alternative ; la distinction est, au dire de certains auteurs, très importante.

La forme isotropique des échantillons, dans l'appareil de M. Blondel, assure une aimantation plus uniforme et évite les courants de Foucault dus aux variations de flux dans l'aimant. Elle permet d'obtenir des déviations proportionnelles aux pertes d'énergie.

Enfin, grâce à cette forme, il est facile de vérifier les résultats par la méthode balistique, sans modifier aucunement les propriétés magnétiques du fer essayé.

L'hystérésimètre, à cause de la forme en anneaux, se prête aussi à une autre méthode de mesure. Si le ressort était supprimé, on verrait, en faisant tourner l'aimant, l'anneau de fer le suivre indéfiniment parce que les lignes de force éprouvent une certaine difficulté à se déplacer, à cause de l'hystérésis. Grâce au ressort, ce mouvement est limité et, dès que le couple de torsion fait équilibre à la force qui empêche le changement de direction du magnétisme, l'échantillon reste immobile ; on peut laisser l'aimant au repos, le fer ne reprendra pas sa position initiale. Pour un fer parfaitement homogène, cette position serait la même que celle qui donne la rotation continue.

En réalité il faut compter avec les défauts d'homogénéité, très considérables dans les fers du commerce, particulièrement dans les fers laminés, de telle sorte que, par suite des perméabilités inégales suivant les diamètres, l'attraction n'est pas continue ; l'échantillon oscille autour d'une position moyenne et les écarts sont variables suivant l'orientation des lames de fer qui composent le faisceau. On peut par une orientation convenable, obtenue par tâtonnements, réduire les écarts, sans jamais être sûr de les annuler complètement.

Employé par rotation continue ou par la méthode statique, cet hystérésimètre donne des résultats qui, pour la comparaison des qualités de fer entre elles, ne diffèrent pas de 5 p 100 de ceux que donne, péniblement, la méthode balistique.

En valeur absolue les différences sont un peu plus grandes, mais on sait que les résultats sont rarement d'accord quand on emploie des méthodes différentes et d'ailleurs il y a trop de différences entre les parties voisines d'une même feuille de tôle pour que des erreurs absolues de 10 p. 100 soient appréciables.

Comme particularités de construction, on doit signaler d'abord que l'aimant est mobile et que c'est l'échantillon, c'est-à-dire la partie la plus légère, qui repose sur des pivots et sert à la mesure. Le montage de l'échantillon est intéressant : l'axe qui le porte repose à la partie inférieure dans une crapaudine et le pivot supérieur entre dans une chape tenue au milieu de la glace de fermeture. Cette disposition permet d'introduire facilement l'échantillon en place. A la glace, également, est fixé le cadran divisé qui sert aux lectures ; cette glace tourne librement de sorte qu'on peut placer le zéro où l'on veut. Le centrage de l'aimant, par rapport aux anneaux, est assuré par 3 galets g, qui appuient contre un disque fixé aux pièces polaires. Un pivot inférieur supporte le poids de l'aimant que l'on fait tourner au moyen d'un galet de friction G.

Enfin, les aimants sont choisis de telle sorte que l'induction maximum est très voisine de 10 000.

M. Boucherot fait une communication sur un *nouvel appareil pour mesurer les couples*.

Si l'on désigne par C_m le couple moteur d'une machine, C_r le couple résistant, K le moment d'inertie et ω la vitesse angulaire, on a la relation

$$C_m = C_r + K \frac{d\omega}{dt}.$$

Lorsqu'on fait marcher une machine mo-

trice à vide, le couple résistant n'est dû qu'aux frottements de la machine elle-même et peut être négligé ; la relation précédente se réduit alors à

$$C_m = K \frac{d\omega}{dt},$$

et montre que l'on obtiendra facilement, sinon la valeur même du couple moteur, du moins une valeur proportionnelle à celle-ci, si l'on connaît la courbe de la variation de la vitesse angulaire en fonction du temps.

Le procédé qui vient immédiatement à l'esprit en vue d'appliquer cette méthode de détermination consiste à relier le moteur à cinémographe ; si les ordonnées de la courbe inscrite par cet instrument sont proportionnelles à ω, on a immédiatement tous les éléments nécessaires à la détermination ; si les ordonnées dépendent de ω suivant une loi plus complexe, il faut connaître cette loi et, au moyen d'elle, déduire de la courbe inscrite la courbe donnant ω en fonction de t.

Mais l'emploi d'un cinémographe exige l'installation d'une transmission entre l'appareil et le moteur. En outre, si l'on veut faire servir le même appareil à l'essai de moteurs ayant des couples et des vitesses très différents, il est nécessaire que la transmission soit pourvue de plusieurs poulies de divers diamètres et que le cylindre inscripteur puisse prendre plusieurs vitesses. Ces divers inconvénients rendant incommode l'application de la méthode, M. Boucherot a cherché à y remédier en imaginant un appareil simple, analogue dans sa forme et son mode d'emploi à un compte-tours.

Dans un tel appareil, le cylindre d'inscription est conduit, au moyen d'un engrenage réducteur de vitesse, par un arbre muni d'une pointe que l'on applique contre l'arbre du moteur ; les abscisses de la courbe d'inscription sont alors proportionnelles à $\int \omega dt$. Quant au style inscripteur on peut faire en sorte que son déplacement soit proportionnel à ω ou à ω^2.

Pour que le déplacement du style soit proportionnel à la vitesse angulaire il suffit de monter ce crayon sur une cordelette sans fin passant sur une poulie métallique placée en regard des pôles d'aimants tournant avec une vitesse proportionnelle à celle du moteur dont on voit le couple ; un léger ressort à boudin agissant sur la cordelette empêche la poulie de prendre un mouvement de rotation continu sous l'effort dû aux courants de Foucault qui s'y développent. Cet effort étant proportionnel à la vitesse de rotation ω et la déformation du ressort proportionnelle à cet effort, le déplacement du style est bien proportionnel à ω.

Pour obtenir un déplacement du style proportionnel au carré de la vitesse angulaire, il suffit de produire ce déplacement par la force centrifuge développée en faisant tourner une pièce mobile avec une vitesse proportionnelle à ω.

La première solution offre quelques inconvénients. Si l'on veut que l'appareil soit léger et peu encombrant on ne peut donner que de petites dimensions aux aimants. Par suite les courants de Foucault développés dans le disque et les efforts qui en résultent sont faibles et les frottements peuvent alors fausser considérablement les indications de l'appareil. D'autre part, l'inertie des pièces en mouvement avec le style étant grande relativement aux efforts, l'enregistrement ne se fait qu'avec un certain retard et il peut se produire des oscillations pendant l'inscription.

M. Boucherot a donc préféré la seconde solution qui permet d'obtenir des efforts bien plus considérables pour la commande du style. Dans l'appareil qu'il a fait construire par la maison Breguet en vue de la réaliser, le déplacement du style est produit par une petite chaîne dont une longueur constante est soumise à la force centrifuge ; le cylindre est mis en mouvement par une vis et un engrenage droit. On peut faire varier l'échelle des ordonnées en modifiant la longueur de la chaîne soumise à l'action de la force centrifuge ; on peut obtenir plusieurs échelles des abscisses à l'aide de plusieurs trains d'en-

grenages pour la commande du cylindre.

La valeur du couple moteur se déduit très simplement de la courbe donnée par l'appareil. En effet de la relation

$$C_m = K\frac{d\omega}{dt}$$

donnant le couple moteur, on déduit

$$C_m\omega\, dt = K\omega\, d\omega = \frac{1}{2}K\, d\omega^2.$$

Or si on appelle α l'abscisse, proportionnelle à $\int \omega dt$, et β l'ordonnée, proportionnelle à ω^2, il viendra

$$C_m = \frac{1}{2}kK\frac{d\beta}{d\alpha},$$

de sorte que le couple moteur se trouve déterminé à un facteur constant près par le coefficient angulaire de la tangente à la courbe.

Pour avoir la valeur absolue de ce couple il faut connaître le facteur k et le moment d'inertie K de la partie tournante du moteur à essayer. Le facteur k dépend de la construction de l'appareil de mesure et peut être déterminé une fois pour toutes. Pour avoir K on mesure le couple de démarrage qui correspond à la vitesse $\omega = 0$, et dont on peut déduire K à l'aide de la courbe. On peut aussi relever une seconde courbe d'inscription après avoir modifié d'une quantité connue le moment d'inertie du moteur, ce qui fournit deux relations permettant d'éliminer K.

L'appareil de M. Boucherot a été construit en vue de mesurer les couples développés à différentes vitesses par les moteurs à courants polyphasés décrits par l'auteur dans une communication faite au début de l'année [1]. Mais il peut servir à d'autres usages. En particulier, il peut être employé à la détermination des résistances passives des dynamos à toutes les vitesses par une méthode dérivée de celle indiquée jadis par M. Bary et perfectionnée depuis par M. Routin [2]. Il peut aussi servir à la mesure du travail absorbé par un appareil quelconque : machines, outils, transmissions, etc. ; à la vérification du fonctionnement du déclic des machines Corliss à grande vitesse, etc.

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 170, 22 janvier 1898.
(2) *L'Éclairage Électrique*, t. IX, p. 169, 26 octobre 1896.

M. Maurice Leblanc fait une communication sur l'*emploi des machines asynchrones à courants alternatifs comme génératrices et réceptrices*.

Dans cette communication, M. Leblanc développe la note présentée récemment à l'Académie des sciences et publiée dans le dernier numéro de ce journal ; nos lecteurs trouveront ces développements dans les articles que l'auteur se propose de publier sur ce sujet.

Absorption dans un champ magnétique;

Par A. Cotton [1].

« I. Un faisceau intense de lumière blanche, provenant par exemple d'une lampe à arc, traverse les appareils suivants : 1° un nicol dont la section principale est à 45° de l'horizontale ; 2° un électro-aimant donnant un champ de quelques milliers d'unités, dont les lignes de force sont horizontales et exactement *perpendiculaires* au faisceau ; 3° un second nicol mis à peu près à l'extinction avec le premier. On regarde la source au travers de ce nicol, soit directement, soit de préférence à l'aide d'un second nicol, et l'on rend l'extinction complète.

» Si l'on place alors entre les pièces polaires une flamme jaune, colorée par un sel de sodium, d'un éclat modéré, et si on lance le courant, l'extinction est détruite et une partie du faisceau primitif traverse maintenant le second nicol : on voit, en effet, très nettement apparaître la source [2], qui paraît colorée en jaune. Si l'on tourne le premier nicol de 45°, de façon à rendre sa section

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 953, séance du 5 décembre.
(2) Plus particulièrement, la partie *gazeuse* de l'arc, qui, observée avec un spectroscope très dispersif, donne les raies D très brillantes et assez larges.

principale verticale ou horizontale, on n'observe plus le même phénomène : l'extinction une fois établie persiste lorsqu'on fait agir le champ.

» II. Cette expérience est, comme on voit, une modification de celle qu'à décrite M. Righi dans les *Comptes rendus* du 25 juillet (¹). Mais M. Righi faisait son expérience dans la direction même des lignes de force, les rayons traversant l'électro-aimant suivant son axe. Il prévoyait un résultat analogue dans le cas où le faisceau serait perpendiculaire aux lignes de force, mais il croyait nécessaire d'employer un polariseur et un analyseur *circulaires*, et avait alors rencontré la difficulté d'obtenir avec ces appareils et une lumière blanche intense, et une bonne extinction. Il ne pensait pas que l'expérience pût être faite avec de simples nicols et n'avait observé effectivement, dans ces conditions, que de faibles changements produits par le magnétisme, qu'il attribuait à un défaut de réglage.

» Cela tient sans doute à ce que M. Righi prenait tout naturellement, dans ses expériences, les orientations particulières du polariseur pour lesquelles sa section principale est parallèle ou perpendiculaire aux lignes de force. Pour ces orientations on ne doit observer, et l'on n'observe en effet aucun changement notable produit par le magnétisme. Il n'en est plus de même lorsqu'on en choisit d'autres, surtout lorsque l'on incline la section principale à 45° sur la direction du champ.

» Les vibrations du faisceau de lumière blanche sont alors inclinées à 45° sur les lignes de force. Or, toutes les observations du phénomène de Zeeman montrent que la flamme émet, dans ces conditions, des raies complètement polarisées, formées par des vibrations, soit parallèles, soit perpendiculaires à ces lignes. Considérons, pour fixer les idées, une raie formée par des vibrations verticales. Pour cette raie, la flamme absorbe la composante d'une vibration incidente identique à ses vibrations propres, c'est-à-dire la composante verticale; elle laisse passer, au contraire, la composante horizontale, qui n'est plus arrêtée complètement par l'analyseur. On voit encore là une application de la règle reliant l'émission et l'absorption pour un même corps, qui rattache en réalité la nature des *vibrations* absorbées à la nature des radiations émises (¹).

» III. Voici quel intérêt particulier présentent les observations faires perpendiculairement aux lignes de force. Lorsque le faisceau est parallèle à ces lignes : au phénomène de Zeeman, qui est une modification des raies proprement dites, s'ajoute le phénomène de Faraday, c'est-à-dire la *polarisation rotatoire magnétique*. Cette polarisation rotatoire est particulièrement intense *au voisinage* des raies, comme le montrent les expériences de MM. Macaluso et Corbino (²). Elle intervient, elle aussi, pour détruire l'extinction primitive. En faisant l'expérience, comme il a été dit, perpendiculairement au champ, on écarte ses effets et l'on abserve seulement ce qui est dû à l'effet Zeeman proprement dit.

» IV. Le procédé de M. Righi lui a permis de découvrir que les raies d'absorption de l'*hypoazotide* (peroxyde d'azote) donnent lieu au phénomène de Zeeman. On pouvait se demander si le pouvoir rotatoire magnétique de cette vapeur absorbante ne suffit pas à expliquer le résultat observé. Mais j'ai refait l'expérience indiquée plus haut en remplaçant la flamme par une cuve remplie d'hypoazotide. Le résultat est le même, avec cette seule différence que l'on voit alors apparaître, par l'action du champ, les charbons incandescents avec la couleur verdâtre complémen-

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 216. *Atti della Accademia dei Lincei*, t. VII, fasc. 2; 1898. *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 384.

(¹) Je renverrai, au sujet de cette relation, à un article *Sur l'aspect actuel de la loi de Kirchhoff*, qui paraîtra bientôt dans la *Revue générale des Sciences*.

(²) Macaluso et Corbino, *Comptes rendus* du 17 octobre. *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 254. — H. Becquerel, *Comptes rendus* du 31 octobre. *L'Éclairage Électrique*, t.XVII, p. 334.

taire de la couleur rutilante de l'hypoazotide. On voit donc bien que l'hypoazotide présente l'effet Zeeman, ou, d'une façon plus précise, que ses raies d'absorption, sous l'influence du magnétisme, présentent un caractère de polarisation particulier.

» Je n'ai pas observé le même phénomène avec une solution de *sulfate de didyme* [1]. »

CORRESPONDANCE

Sur les dynamos unipolaires de Puydt et Poncin.

Birkenhead, 27 novembre.

Cher Monsieur,

Nous venons seulement de lire votre journal du 3 septembre 1898 écoulé, où vous publiez un article sur notre dynamo-unipolaire. Nous espérons que vous accueillerez favorablement la réponse, quoique un peu tardive, que nous croyons utile de vous faire à ce sujet.

Vous dites, à la page 409, que c'est par un léger malentendu que les inventeurs prétendent que les conducteurs ne coupent pas le flux magnétique, car on sait, dites-vous, d'après un principe de Faraday, que les lignes de force sont immobiles dans l'espace malgré la rotation du moyeu magnétique.

Or, nous trouvons cela inadmissible, attendu que le flux de force émanant d'un corps n'est en quelque sorte que la mesure de l'influence du *corps* au point considéré ; le flux de force change donc de position comme *le corps* aimanté qui agit à distance sur *un autre corps*, ce que l'on finit par oublier en parlant toujours des flux comme des choses matérielles.

Il s'ensuit que si la barre de cuivre se meut solidairement avec le corps aimanté, sans mouvement relatif entre eux, cette barre ne coupera aucune ligne de force; et c'est le cas dans notre dynamo-unipolaire. Elle produit donc la f. é. m. calculée sans intersection aucune du flux magnétique par les barres C.

Nous ajouterons, du reste, que même si les barres coupaient le flux supposé fixe dans l'espace, il ne se produirait quand même rien dans ces barres si elles n'étaient complétées par le reste du système, étant donné que le flux coupé serait constant et uniforme par rapport au mouvement des barres mobiles.

De même pour l'aimant tournant de Faraday. Cet aimant ne tourne pas à cause de l'action du conducteur extérieur qui complète la spire, et qui, de plus, forme le seul point d'appui *mécanique* sur lequel puisse s'appuyer *physiquement* le reste du système pour prendre un mouvement de rotation.

Nous serions heureux si ces réflexions pouvaient vous intéresser ; elles peuvent entraîner à des déductions importantes et ramener l'étude des principes électriques dans leur chemin naturel.

Recevez, etc.

M. Poncin.

Mon cher ami,

Je vous remercie d'avoir bien voulu me communiquer les observations que MM. de Puydt et Poncin ont cru devoir faire à la courte description que j'ai faite de leur intéressante machine unipolaire dans le numéro de l'*Éclairage Électrique* du 3 septembre dernier.

Je ne puis que répéter l'explication que j'ai donnée du fonctionnement de leur machine, à savoir que la force électromotrice produite est due au déplacement des conducteurs dans le champ *fixe* produit par l'électro-aimant inducteur.

La fixité des lignes de force produites par un électro aimant symétrique mobile autour de son axe de symétrie est, en effet, un fait indéniable vérifié de nombreuses fois depuis Faraday, et récemment encore par M. Lecher, ainsi que le signale M. Weber dans l'article de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, auquel j'ai fait allusion.

J'avoue ne pas comprendre très bien cette phrase des inventeurs, « que le flux de force émanant d'un corps n'est en quelque sorte que la mesure de l'influence du corps au point considéré »; mais je crois oublier beaucoup moins qu'eux, que les lignes de force ne sont pas des « choses matérielles » puisque, me retranchant derrière Faraday et à une distance respectueuse, je me refuse à admettre comme MM. de Puydt et Poncin qu'elles sont suffisamment matérialisées, soudées à l'électro-aimant pour se déplacer avec lui.

(1) Ces expériences ont été faites au Laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Toulouse.

Pour se convaincre de l'immobilité des tubes de force du champ inducteur, MM. de Puydt et Poncin n'ont qu'à vérifier que si l'on laisse immobile le fer de la partie tournante en ne laissant tourner que les conducteurs, ceux-ci seront le siège de la même force électromotrice que si le fer tournait avec eux, car bien qu'ils disent le contraire tout conducteur qui se déplace, dans un champ constant et uniforme, est le siège d'une force électromotrice. C'est là l'exemple classique d'un essieu de locomotive se déplaçant dans le champ terrestre de façon à couper les lignes de force de ce champ, et j'espère que mes contradicteurs ne refuseront pas d'admettre ce fait bien connu.

J'ajouterai enfin que si, au lieu de laisser le fer immobile, on le faisait tourner en sens contraire, la force électromotrice induite resterait toujours la même pour une même vitesse des conducteurs.

Veuillez agréer, etc.

C.-F. Guilbert.

CHRONIQUE

Force coercitive de l'acier. — Sous le titre : *Force coercitive de différentes sortes d'acier comparée à celle du nickel et de la magnétite de Moravicza*, M. A. Abt publie, dans le numéro de septembre dernier des *Wiedemann's Annalen* (t. LXVI, p. 116-120) une note d'où nous extrayons les renseignements suivants :

La force coercitive varie beaucoup avec la nature de l'acier, comme le montre le tableau suivant, qui donne les rapports de la force coercitive de divers aciers à celle de l'un d'entre eux ; ces aciers ont été, bien entendu, trempés et aimantés dans les mêmes conditions :

Acier au creuset de Reschicza	1
» diamant	1,09
» au tungstène (Westphalie)	1,83
» Bessemer de Reschicza	0,08
» puddlé »	0,45
» Martin »	0,85

La force coercitive croît d'une manière sensible avec l'intensité du courant magnétisant : de 13 p. 100 entre 13,4 et 44,7 ampères, pour l'acier au creuset ; 15 p. 100 pour l'acier diamant, et 22 p. 100 pour l'acier au tungstène ; de 15 p. 100 pour le nickel entre 13,4 et 26,4 ; cette dernière intensité correspond à la saturation. Le moment permanent diminue avec le temps ; en 122 jours, il s'est abaissé pour :

L'acier au creuset de	33,7	à	33,3
L'acier diamant de	35,9	à	26,6
L'acier au tungstène de	62,15	à	45,65

Traité comme les échantillons précédents, un barreau de magnétite de même forme, et de mêmes dimensions a pris une aimantation permanente croissante avec l'intensité du courant ; jusqu'à 14 ampères, l'accroissement est rapide, puis il devient plus lent et à 44,4 ampères l'aimantation permanente atteint sa plus grande valeur, 25,6. Après 122 jours de repos, elle avait perdu 1,5 p. 100 seulement de sa valeur, tandis que celle du barreau de nickel avait perdu 26,4 p. 100. La magnétite se place donc, au point de vue de la force coercitive, avant l'acier ordinaire, les aciers puddlé et Bessemer, mais reste inférieure aux aciers fins au creuset, notamment à l'acier au tungstène. M. L.

Pulvérisation des fils de platine et de palladium rendus incandescents par le courant électrique. — Voici, d'après M. W. Stewart (*Wied. Ann.*, t. LXVI, p. 88-91, sept. 1898), quelques expériences à ce propos :

Le fil soumis à l'expérience est accroché à deux crochets de platine qui sont soudés à des tiges de cuivre ; ces tiges traversent les bouchons d'un tube où on peut introduire différents gaz. Le courant traverse le fil, une résistance en manganine (0,232 ohm) et un rhéostat. Au moyen d'un voltmètre on mesure la différence de potentiel entre les extrémités de la résistance de manganine et entre les extrémités du fil, ce qui permet de calculer la résistance de ce dernier. On pèse le fil avant l'expérience et après qu'il a été maintenu à l'incandescence pendant deux heures.

Dans l'air atmosphérique, la pulvérisation diminue à mesure que l'incandescence a duré plus longtemps : l'humidité n'a pas d'influence. La pulvérisation reste la même quand le fil est entouré d'un tube de laiton relié au sol.

Quand on diminue la pression, le platine se pulvérise moins, le palladium davantage.

Dans l'hydrogène, le platine ne se pulvérise pas, même quand il est porté au blanc ; le palladium,

beaucoup moins que dans l'air. Dans l'azote, l'un et l'autre se pulvérisent peu ou point.

Ces résultats paraissent confirmer l'opinion de Nahrwold d'après laquelle la pulvérisation est liée à la présence de l'oxygène. M. L.

Sur le renforcement des sons téléphoniques. — Divers procédés ont été proposés pour renforcer les sons fournis par un téléphone de façon à ce qu'ils puissent être entendus par un nombreux auditoire. M. Dussaud, dans une note communiquée à l'Académie des sciences dans la séance du 5 décembre, expose les recherches qu'il a faites dans ce but et les résultats qu'il a obtenus :

« Je me suis proposé d'étudier les conditions du rendement maximum, dans le cas de la transmission du son par l'intermédiaire d'un fil conducteur de l'électricité. Dans ce but je produisais un son invariable, au moyen d'un diapason actionné électriquement et vibrant devant un microphone spécial extrêmement sensible. Ce microphone transmettait le son, par l'intermédiaire d'un courant électrique, à un récepteur téléphonique de nouveau modèle, comprenant quatre pôles d'aimants actionnant chacun une membrane en fer. Des commutateurs permettaient de lancer tout le courant de la ligne de manière qu'il n'agisse que sur une seule membrane ou que son action se répartisse entre deux, trois ou quatre de ces dernières. Un système de conduit permettait de recueillir dans un petit résonateur, de la forme et de la grandeur d'une bouche humaine, l'air ébranlé des deux côtés de chaque membrane ou d'un côté seulement. J'ai observé que le rendement est d'autant supérieur qu'on répartit davantage le courant de la ligne, et qu'il vaut mieux recueillir l'air ébranlé des deux côtés des membranes.

» En tenant compte de ces observations j'ai pu le 16 novembre dernier, devant un certain nombre de professeurs et d'étudiants faire entendre distinctement, dans toute la grande salle de l'Université de Genève, contenant plus d'un millier de sièges, des airs d'ocarinas joués et des paroles chantées dans le laboratoire de physique, situé à une certaine distance de cette salle.

» Une série d'expériences faites le 23 novembre dernier, en se servant du réseau téléphonique de l'État, ont permis d'obtenir entre deux abonnés, MM. C. et P. Ackermann, la même intensité; c'est-à-dire que la parole chantée était distinctement comprise dans les différentes pièces de l'appartement, même lorsque toutes les portes des pièces étaient fermées. La parole parlée s'entendait dans toute une pièce de grandeur moyenne. Dans ces expériences, comme dans celles qui avaient été faites à l'Université, je ne me servais que de deux éléments Leclanché, c'est-à-dire des courants ordinaires employés en téléphonie; un meilleur rendement dû à ce nouveau dispositif était la seule cause des résultats obtenus. »

Sur la couleur du carbure de calcium. — Lorsque M. Moissan obtint, le premier, les carbures de calcium, de strontium et de baryum cristallisés, il décrivit ces nouveaux composés cristallins comme des corps ne possédant qu'une légère transparence en lames très minces et présentant une surface mordorée caractéristique. Des expériences récentes ont montré à M. Moissan que pour le carbure de calcium cet aspect est dû à la présence de traces de fer et que le carbure de calcium exempt de fer se présente en cristaux incolores et transparents comme les carbures de potassium et de lithium.

Pour obtenir le carbure en cristaux incolores plusieurs procédés peuvent être employés ; dans une note présentée à la séance du 5 décembre de l'Académie des sciences, l'auteur cite les suivants :

1° Chauffer au rouge du calcium dans une brasque de carbone amorphe pure provenant de la décomposition brusque de l'acétylène ; on a des cristaux microscopiques ;

2° Chauffer dans les mêmes conditions de l'hydrure de calcium $Ca\,H^2$; on obtient un carbure de calcium blanc qui, en lamelles minces, est entièrement transparent ;

3° Chauffer dans les mêmes conditions l'azoture de calcium cristallisé $Az^2\,Ca^3$; mêmes résultats ;

4° Décomposer par la chaleur l'acétylure acétylénique ammoniacal de calcium, C^2Ca, C^2H^2, AzH^3.

Dans une autre expérience, l'auteur a pris ce carbure de calcium blanc, l'a mélangé avec une petite quantité d'oxyde de fer et a porté le tout au four électrique dans un creuset de graphite pur. Après refroidissement il a obtenu un carbure de calcium mordoré et semblable, comme aspect, au carbure préparé dans l'industrie.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 24 Décembre 1898 6e Année. — N° 52.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

SUR LA DÉTERMINATION DES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES D'UN CIRCUIT POUR TRACTION

Le *Street Railway Journal* a récemment publié, sur ce sujet, deux méthodes qui peuvent être appliquées, l'une dans tous les cas et l'autre seulement dans le cas où l'alimentation se fait au moyen de plusieurs sections reliées à l'usine par des feeders différents.

La première méthode, proposée par M. Sherwood F. Jetter, est représentée d'une manière schématique par la figure 1. Les essais doivent être faits lorsque la ligne n'est pas en fonctionnement. Le fil pilote, partant de l'usine, est amené sur la ligne au point que l'on désire ; il peut être en fer et avoir une section commode. Le rhéostat liquide est ajusté de telle façon qu'il ne passe qu'un faible courant, de 50 à 150 ampères, lorsque la ligne est mise en court-circuit ; d'ailleurs, le réglage définitif du courant peut être obtenu en faisant varier le voltage de la génératrice, afin qu'on n'ait plus à déranger le rhéostat liquide après l'avoir disposé. Pour déterminer la résistance de la ligne, entre l'usine et le point E, en ce point on connecte ensemble le conducteur d'alimentation, celui de retour et le fil pilote. Alors, en plaçant à l'usine le commutateur *c* successivement sur *a* et sur *b*, on obtient au voltmètre deux indications desquelles on déduit les chutes de voltage produites par le courant d'expérience, entre l'usine et le point E, respectivement dans le circuit d'alimentation et dans le circuit de retour. Le courant d'expérience est mesuré par l'ampèremètre.

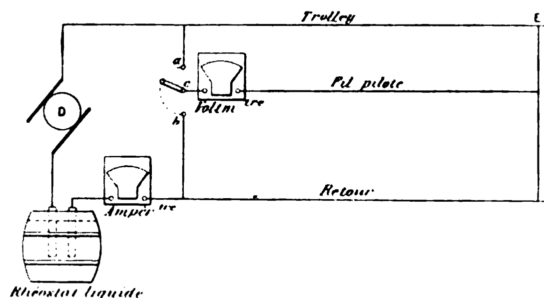


Fig. 1.

Si la résistance du fil pilote est faible à côté de celle du voltmètre (ce qui doit être généralement) on peut négliger l'effet de cette résistance sur les lectures ; au cas où l'on cherche une exactitude absolue on doit prendre aussi la chute du voltage entre *a* et *b* et corriger les deux premières lectures d'après la différence entre leur somme et la dernière lecture.

Le fil pilote peut, de plus, permettre d'avertir l'usine du moment où les dispo-

sitions de l'essai sont prises au point E.

La seconde méthode a été imaginée par M. Albert-B. Herrick. On y admet que les différentes sections d'alimentation sont séparées par des interrupteurs de ligne. Les mesures sont prises à un moment où il n'y a aucune voiture en fonctionnement.

Le rhéostat liquide nécessaire peut être rapidement confectionné en prenant un baril dont on fait sauter l'un des fonds, deux plaques de fer de 3 × 400 × 600 mm, dont on prévient le contact en plaçant transversalement entre elles des ardoises, et en remplissant le baril aux trois quarts avec le liquide; ce liquide sera de l'eau à laquelle on aura ajouté, pour diminuer sa résistance, du sel ou de l'acide sulfurique, ou mieux, quant à la constance du courant traversant le rhéostat, du bicarbonate de soude. Le courant devrait passer jusqu'à ce que le liquide soit bien échauffé, et à une température voisine de son point d'ébullition, afin que ce courant devienne presque constant. Dans un tel rhéostat il passe approximativement 200 ampères sous 500 volts. On peut placer ce rhéostat sur la plate-forme d'avant d'une voiture et arranger commodément les instruments de mesure à l'intérieur de la voiture.

Les connections sont faites comme l'indique la figure 2. La voiture qui porte les appareils est amenée vis-à-vis de la séparation des sections A et B, et une griffe placée sur le fil de trolet B (fig. 2). Un conducteur va de la griffe à l'une des bornes d'un voltmètre C, dont l'autre borne est reliée au point par lequel le courant entre dans le circuit général de la voiture ; le plus souvent cette dernière connexion se fait sur le coupe-circuit fusible de la voiture, par raison de commodité. Ce point est connecté, d'autre part, à la borne de terre des moteurs, F, par l'intermédiaire d'un ampèremètre, d'un interrupteur G, et du rhéostat liquide.

Le courant passant de la roue du trolet A à la terre, la différence de potentiel entre A et B est la chute de voltage due à la résistance du feeder et du fil du trolet par lesquels le courant est fourni au rhéostat, et cette chute sera mesurée par le voltmètre C, l'ensemble du fil B et de son feeder servant de fil pilote. Un voltmètre D mesurera le voltage entre les bornes du rhéostat. Enfin, en retranchant du voltage de l'usine la somme

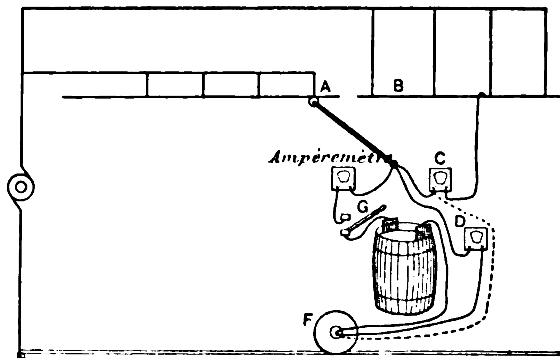


Fig. 2.

de ceux qui sont indiqués au même instant par C et D, on obtient la chute de voltage due à la résistance du retour. Le voltage de l'usine sera indiqué par C si l'on ouvre G et qu'on connecte C à F, comme la figure le représente en ligne ponctuée.

En faisant tourner, maintenant, la perche du trolet de 180°, on peut intervertir les connections faites sur les fils A et B et déterminer par la méthode qui vient d'être indiquée la résistance de l'alimentation par B relative à la position considérée de la voiture.

Pendant l'essai il est préférable de n'alimenter la ligne qu'au moyen d'une seule machine, afin que le personnel du tableau de distribution de l'usine puisse maintenir constant le voltage entre les barres de ce tableau, en dépit de toutes les variations du débit. D'ailleurs, le voltmètre C devra être maintenu entre B et F, suffisamment longtemps pour pouvoir saisir l'élévation maximum du voltage et la tension actuelle de l'usine. Mais si les variations de débit produites par la manœuvre du rhéostat liquide empêchent qu'on puisse maintenir constant ce voltage, on peut déterminer directement la chute de voltage dans le retour en opérant ainsi (fig. 3) : Ouvrir l'interrupteur du feeder qui sert de fil

pilote et connecter la borne de laquelle part ce feeder avec la barre de retour du tableau ; il sera prudent de placer un coupe-circuit fusible en série sur le conducteur effectuant cette connection, en prévision du cas où il y aurait sur la ligne une erreur de montage. Lancer ensuite le courant dans le rhéostat liquide et mesurer alors la tension entre F et A (fig. 3) ; on déterminera ainsi la chute de voltage dans le retour sans recourir à la valeur de la tension à l'usine.

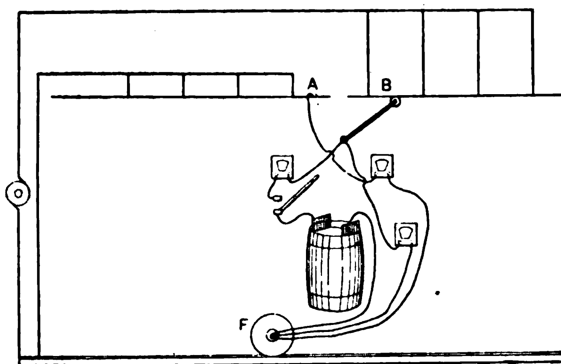


Fig. 3.

L'expérimentateur et l'homme du tableau de l'usine se conformant tous deux à un programme d'essai arrêté à l'avance, ces déterminations peuvent être faites aisément. De plus, par la manœuvre de l'interrupteur du circuit du rhéostat on peut envoyer à l'usine des signaux qui y seront produits par le déplacement de l'aiguille de l'ampèremètre.

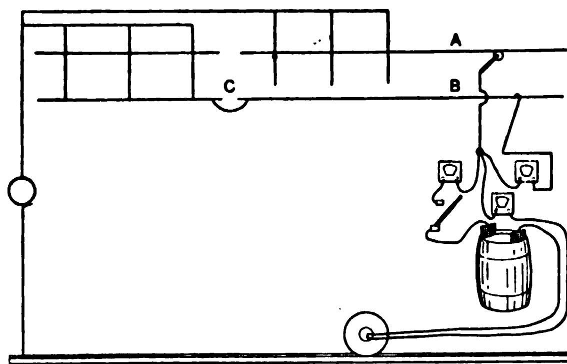


Fig. 4.

La feuille d'essai ci-dessous montre les résultats d'une application de la méthode de M. Herrick à une ligne sectionnée par trois interrupteurs.

Feuille d'essai.

EXPÉRIENCES	A VOLTS à l'usine.	B AMPÈRES	C CHUTE de voltage sur les rhéostats.	D CHUTE de voltage sur les lignes.	$\frac{D}{B} = R_1$	E CHUTE de voltage sur le retour par différence.	$\frac{E}{B} = R_2$
1re	562	180	528	22	0,122	12	0,066
2e	561	182	514	28	0,153	19	0,104
3e	563	186	489	31	0,160	43	0,231
4e	562	190	460	38	0,200	64	0,337
5e	561	193	441	46	0,238	74	0,383
6e	560	201	430	58	0,288	82	0,408

Dans le cas où le fil d'alimentation est double cette méthode permet de déterminer aussi les pertes de voltage sur toute la longueur de la ligne. La disposition, indiquée par M. Herrick, est alors celle qui est représentée par la figure 4. Dans la partie située au delà, par rapport à l'usine, du premier interrupteur de ligne, C, on ouvre les connexions transversales qui relient entre eux les deux fils d'alimentation, A et B, et l'on fait les mesures en prenant comme fil pilote le fil d'alimentation que l'on a partiellement séparé des feeders qui viennent de l'usine, B par exemple (fig. 4).

M. Herrick fait remarquer que le retour constitué par les rails de roulement a une résistance qui dépend, en particulier, de l'état d'humidité du sol, de la nature de ce sol, des caractères du sous-sol, et de l'intensité du courant qui passe.

L'argile sèche donne le solle plus mauvais conducteur, puis vient ensuite le sable, et enfin la marne donne le sol le plus conducteur. Lorsque le sous-sol est dans l'eau la résistance du retour diminue rapidement lorsque l'intensité du courant augmente. Si l'eau arrive jusqu'à l'assise qui porte la voie, le sol dans lequel les rails sont enterrés présente de l'humidité même par un temps sec.

La plus basse résistance de sol que l'auteur a rencontrée s'est présentée sur une ligne traversant des marécages salés : on ne modifiait pas la résistance du retour en interrompant la connection électrique des rails, et, comme il n'y avait aucune conduite pouvant agir comme conducteur auxiliaire, cela n'était attribuable qu'à la forte conductance que devait offrir le sol en raison de sa nature et de la présence de l'eau salée. Et, la plus haute résistance du retour par le sol fut rencontrée dans un cas où la voie était construite sur une mince couche d'argile supportée par un lit de roc.

A la suite de l'exposé de la dernière méthode, M. Herrick en indique une qui permet de déterminer la proportion du courant qui passe par les conduites longeant la voie, celle du courant qui revient par les rails, et de découvrir les points où la voie présente des défauts d'éclissage électrique. L'auteur fait remarquer, en passant, que parmi les méthodes connues pour l'essai des éclissages électriques, ceux-ci étant étudiés individuellement ou par séries de plusieurs, celle qui emploie une voiture pourvue de balais de contact, que l'on vient mettre par-dessus le joint de rail, est défectueuse en raison de ce que la présence de la voiture en un point peut suffire pour déterminer en ce point l'éclisse mécanique à faire la connection par-dessus une mauvaise éclisse électrique dont l'état peut ainsi passer inaperçu. L'auteur a cherché une méthode où les conditions de fonctionnement puissent être reproduites : il propose celle qui est représentée, en diagramme, par la figure 5.

Le rhéostat étant connecté avec B, on connecte A avec le retour, en passant par un puissant coupe-circuit fusible, et on établit un ampèremètre, *g*, entre le point C, du rail, et le fil E ; on mesure alors la différence de potentiel entre B et F, et le courant dans l'ampèremètre *g*. Ensuite on se connecte aussi à la conduite où le courant doit être déterminé, en D, au moyen du conducteur qui est déjà relié au rail ; on fait, dans ces conditions, une seconde lecture sur *g*. De la comparaison des deux lectures ainsi obtenues avec l'ampèremètre on déduit la répartition du courant entre la voie et la conduite considérée.

De l'indication du voltmètre se déduit la chute du voltage dans le retour. Si l'on a, de plus, l'ampèremètre G (fig. 5), en comparant ce

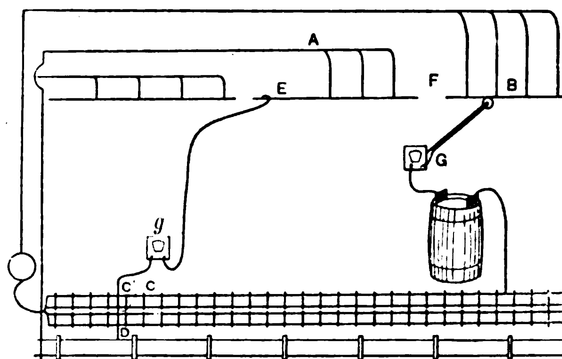


Fig. 5.

qu'il indiquera aux indications données par l'ampèremètre *g*, on pourra obtenir la proportion du courant qui s'écoule par la terre sans revenir au rail ou à la conduite.

On pourra, s'il est nécessaire, ramener tout le courant à l'usine par A, et en conséquence par l'ampèremètre *g*; il suffira pour cela, ayant les connexions indiquées en figure 5, d'ouvrir les interrupteurs qui connectent le retour de la ligne à la barre de retour du tableau.

Quoique la résistance de contact n'influence que très peu les mesures, il est préférable d'amalgamer le fer en C et D, sur le rail et sur la conduite, par une quelconque des méthodes connues, afin d'éliminer cette résistance.

En déplaçant d'une manière continue les points C et D, tout en notant constamment la différence de potentiel entre B et F et le courant dans l'ampèremètre en C, la différence de potentiel devra varier approximativement comme la distance entre les connections C et G. L'on observera une brusque variation si l'on vient à passer par un éclissage électrique en mauvais état.

H. Tripier.

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE
PAR LES COURANTS ALTERNATIFS [1]

VIII. — Dispositions générales de l'excitatrice

Nous nous occuperons seulement du cas qui se présentera le plus souvent et où l'excitatrice sera séparée de son alternateur.

Ces dispositions sont représentées sur les figures 9 et 10.

Nous avons supposé, sur ces figures, que l'excitatrice avait six pôles et qu'elle devait être adjointe à un alternateur à courants diphasés.

Sur un même axe OO (fig. 9) sont montés les anneaux A et B qui recoivent les enroulements à courants alternatifs S_1S_2 et S_2S_2 comprenant chacun trois circuits.

Sur l'axe *oo* sont disposées trois bagues $c_1c_2c_3$ et $d_1d_2d_3$. Les trois circuits de chacun des enroulements s_1s_1 et s_2s_2 sont reliés à ceux de l'alternateur, par l'intermédiaire de

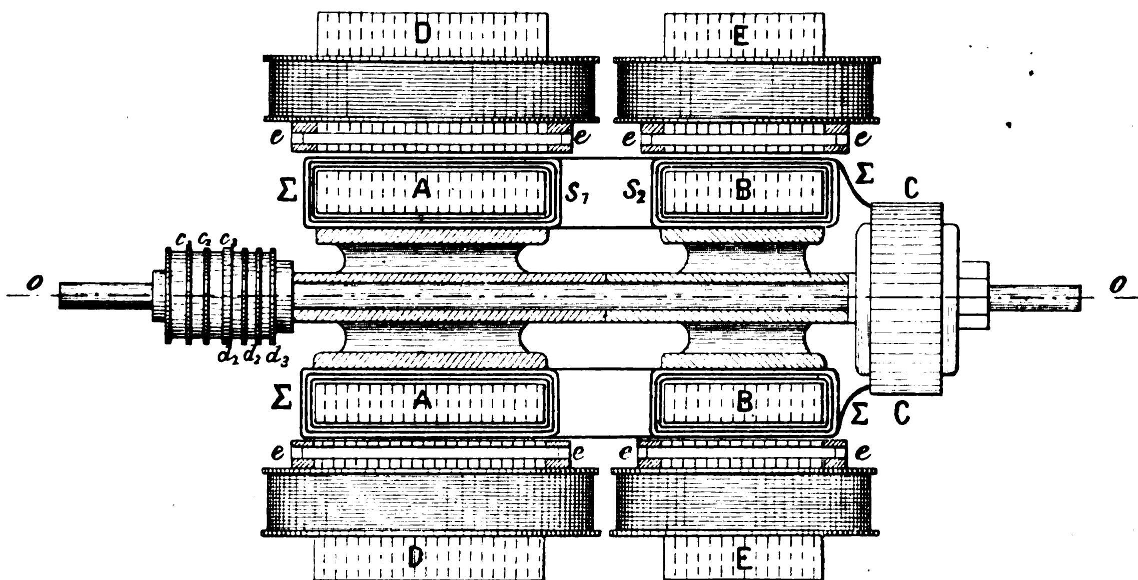


Fig. 9.

ces bagues et des frotteurs qui s'appuient dessus, comme il est représenté sur la figure 11.

Le plus souvent, ou le voltage de l'alternateur sera trop grand pour qu'on puisse le faire supporter à l'excitatrice, ou son débit sera trop élevé pour qu'il soit facile d'amener ses courants jusqu'à l'anneau A, en les faisant passer à travers des frotteurs et des bagues. Il conviendra alors d'intercaler un transformateur sur le passage des courants qui se rendent à l'anneau A de l'excitatrice. Dans certains cas, il pourra y avoir intérêt à le faire sur le passage de tous les courants, comme il est représenté sur la figure 12.

On voit représenté en ΣΣ (fig. 9) l'enroument à courant continu qui aboutit au collecteur *cc* sur lequel s'appuient les six lignes de balais représentés sur la figure 10.

L'anneau A tourne au milieu de l'inducteur D et l'anneau B au milieu de l'induc-

[1] Voir *L'Eclairage Electrique* des 10 et 17 décembre, p. 425 et 473.

teur E. (Voir fig. 9 et 10.) Ces deux inducteurs sont constitués suivant la méthode ordinaire et ont six pôles. Leurs bobines ont les mêmes nombres de spires, mais les noyaux de l'inducteur B ont une section plus petite que ceux de l'inducteur A, comme on le voit sur la figure 10, ce qui nous permet de donner des perméabilités différentes aux circuits magnétiques des noyaux A et B.

Enfin, nous avons supposé que, dans les épanouissements magnétiques de chacun des deux inducteurs, l'on avait disposé une cage d'écureuil *eeee*. (Voir fig. 9 et 10.) La présence de ces écrans magnétiques aura pour effet d'assurer la marche asynchrone de l'excitatrice et permettra d'employer les mêmes carcasses de machines, qu'il faille exciter un alternateur à courants alternatifs simples ou un alternateur à courants polyphasés.

On devra pouvoir régler à volonté le calage du porte-balais.

IX. — Mise en route et réglage de l'excitatrice

1. *Mise en route.* — Nous devrons disposer d'une machine à courant continu capable d'exciter l'alternateur lorsqu'il ne fait qu'entraîner son excitatrice fonctionnant comme moteur synchrone.

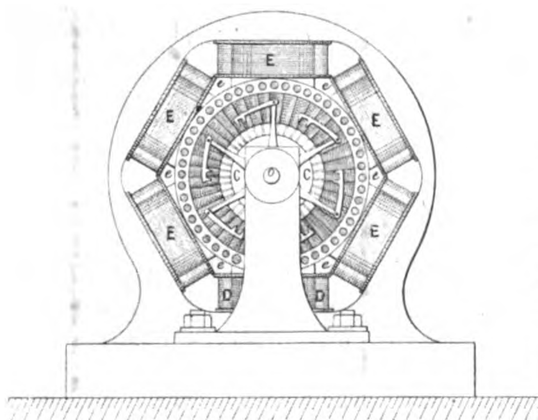


Fig. 10.

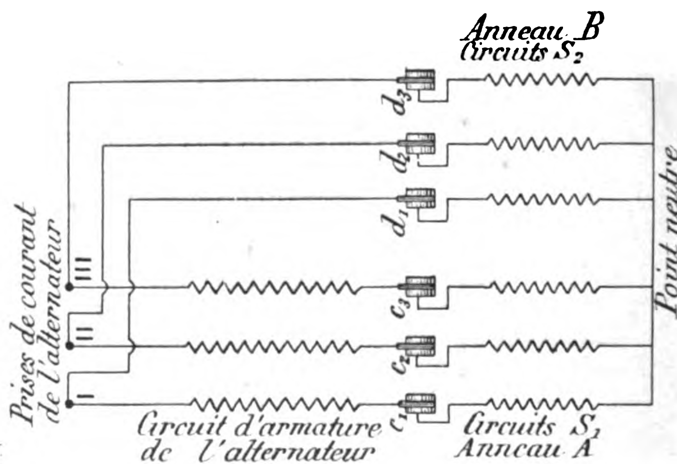


Fig. 11.

Cette machine pourra donc être de très petites dimensions et comme elle ne sera utilisée qu'au moment de la mise en route de l'alternateur, la même pourra servir pour tous les alternateurs d'une usine centrale.

Cette machine devra être montée en série.

Le principe de la méthode de mise en route est le suivant : on excitera l'alternateur avec du courant continu, après avoir supprimé toute communication entre lui et les circuits à courants alternatifs de l'excitatrice. On lancera ensuite l'excitatrice avec du courant continu et on l'amènera à tourner à la même vitesse que l'alternateur. On rétablira, à ce moment, les connexions entre les circuits de l'alternateur et ceux de l'excitatrice : celle-ci continuera à tourner comme un moteur synchrone et fournira une force électromotrice continue. Cela fait, on mettra la machine à courant continu hors circuit.

Nous aurons recours au montage représenté sur la figure 13.

Supposons toujours que l'alternateur soit à courants triphasés :

1° Nous disposerons un groupe II de six interrupteurs sur le passage des six conducteurs qui vont de l'alternateur à l'excitatrice. Ces interrupteurs seront associés de manière à pouvoir être tous manœuvrés simultanément ;

2° Nous monterons en série : l'excitatrice, l'excitatrice provisoire à courant continu et l'inducteur R de l'alternateur;

L'inducteur r_1 de l'excitatrice provisoire à courant continu sera shunté par un rhéostat m_1 dont la résistance pourra être rendue nulle.

L'armature A de l'excitatrice sera également shuntée par un rhéostat m_2.

Enfin, un interrupteur J permettra de mettre en court-circuit l'excitatrice provisoire à courant continu.

3° Deux des interrupteurs du groupe J seront shuntés par des lampes $l_1 l_2$. Les variations d'éclat de ces lampes serviront à estimer la différence de marche de l'alternateur et de l'excitatrice, pendant la période de mise en route.

L'alternateur tournant ainsi que l'excitatrice provisoire à courant continu, l'excitatrice démarrera comme un moteur à courant continu ordinaire. On agira sur sa vitesse en manœuvrant le rhéostat r_2, jusqu'à ce que l'observation des lampes l_1 et l_2 montre que le

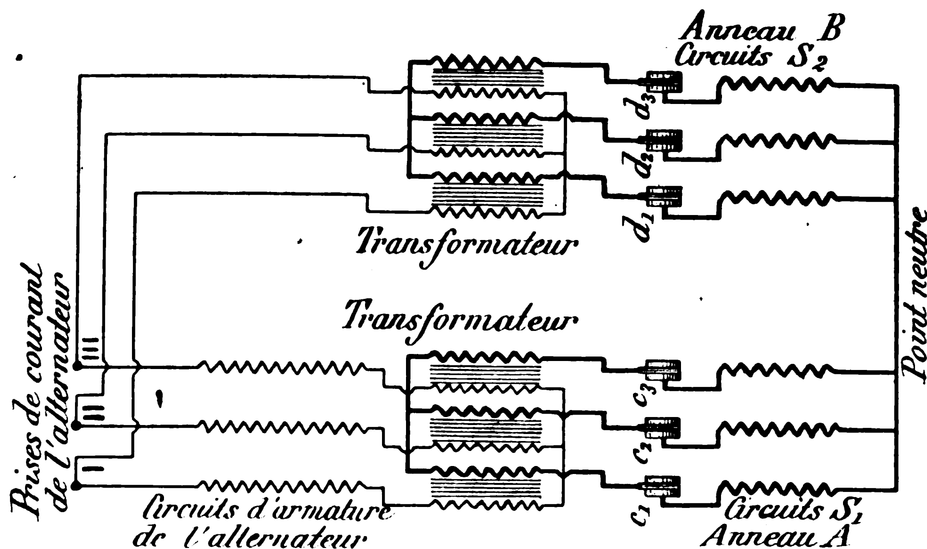


Fig. 12.

synchronisme est atteint. A ce moment, on fermera l'interrupteur II et l'excitatrice continuera à tourner synchroniquement avec l'alternateur.

On supprimera alors graduellement le shunt établi entre les balais de son collecteur, pendant que l'on mettra en court-circuit l'inducteur de la machine à courant continu.

Cela fait, on mettra en court-circuit l'excitatrice provisoire à courant continu et on l'éliminera du système.

2. *Réglage*. — Un réglage, dans des limites étroites, sera toujours nécessaire, comme avec toute machine, si l'on veut obtenir un voltage rigoureusement déterminé, dans des conditions données.

Nous avons à remplir deux conditions :

1°

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2 + 4\pi^2\alpha^2 l^2}} = \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2 + 4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

2° Nous avons posé :

$$J = \Delta \sqrt{(ra + 2\pi\alpha\lambda b + h_0)^2 + (2\pi\alpha\lambda a - \rho b)^2}$$

La constante Δ doit avoir une valeur bien déterminée.

La première condition doit être satisfaite lorsque le voltage de l'alternateur a pris la valeur voulue h_0.

Le coefficient l peut être considéré comme la somme d'un coefficient constant l_1 et d'un coefficient l_2 variable, comme le coefficient μ,

avec la perméabilité du circuit magnétique de l'anneau B.

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2\lambda^2}} = \frac{\mu}{\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2(l_1+l_2)}}$$

Supposons que l'on puisse faire varier le

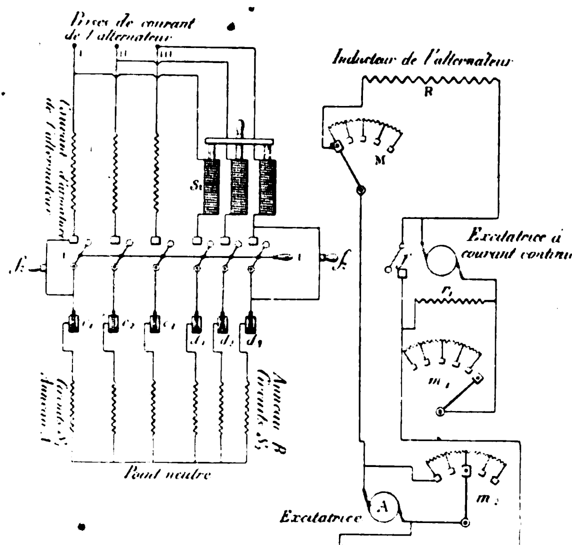


Fig. 13.

coefficient l_2. L'expression ci-dessus tend vers o lorsque l_1 devient infini.

Si, lorsque l_1 a sa valeur minima et le voltage h_0 sa valeur normale, on a :

$$\frac{\mu}{\sqrt{r^2+4\pi^2\alpha^2 l^2}} > \frac{m_0}{\sqrt{\rho^2+4\pi^2\alpha^2\lambda^2}}$$

Il sera facile de ramener ces deux termes à l'égalité, en augmentont le coefficient l_1.

Dans ce but nous avons disposé une bobine de self-induction variable et à trois circuits Si, sur le parcours des courants qui vont de l'alternateur à l'anneau B. (Voir fig. 13.)

Pour amener la constante Δ à avoir une valeur rigoureusement déterminée, il suffira d'intercaler un rhéostat M dans le circuit de l'inducteur de l'alternateur.

X. — Conclusion

Il est possible de réaliser le compoundage, à voltage constant des alternateurs, quelle que soit leur réaction d'induit et la nature des courants qu'ils doivent fournir.

En même temps, on donne à ces alternateurs la faculté de s'accoupler en parallèle avec d'autres alternateurs, dans des conditions de sécurité de marche bien supérieures à celles obtenues avec les alternateurs ayant la plus petite réaction d'induit.

L'excitatrice qui nous permet d'obtenir ce résultat peut être complètement séparée de son alternateur et fonctionner comme un moteur synchrone branché sur le réseau de distribution. On peut donc l'adapter à un alternateur quelconque, déjà existant sans avoir à lui faire subir aucune modification.

Son emploi doit conduire à ne plus faire, dans l'avenir que des alternateurs à très forte réaction d'induit qui utiliseront beaucoup mieux les matériaux que les alternateurs actuels, seront beaucoup moins chers et auront un meilleur rendement.

(*A suivre.*)

M. Leblanc

ÉTUDE DES MOTEURS A CHAMPS TOURNANTS[1]

XI. — Éléments de projets. — Calcul des dimensions des moteurs asynchrones a courants polyphasés

Nous allons rechercher les règles qui permettent de fixer le plus approximativement possible les dimensions des moteurs à courants polyphasés pour l'étude du projet. Les considérations qui précèdent, conduisent à l'examen complet, une fois les dimensions

[1] Voir *L'Eclairage Electrique* du 3 décembre, p. 399.

déterminées, et, si cela est nécessaire, à une modification des dimensions premières approximatives.

Pour rendre l'exposé plus compréhensible,

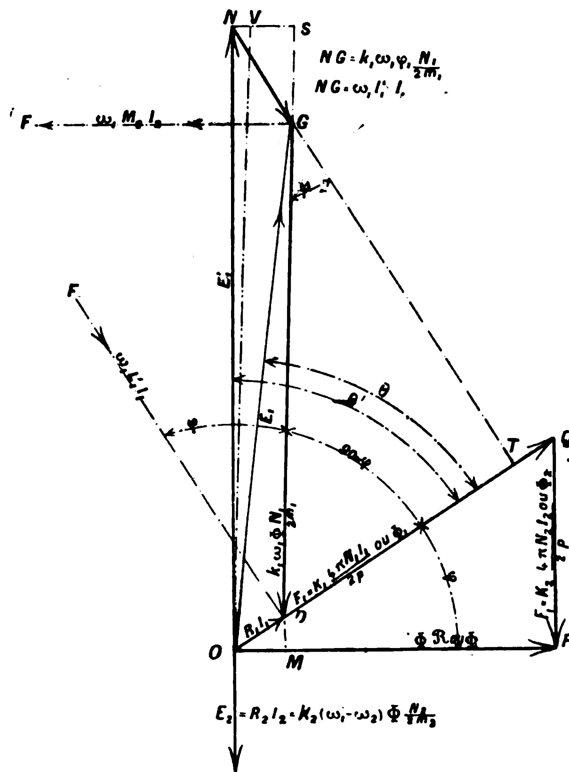


Fig. 32. — Epure des forces électromotrices tracée en ayant égard à la dispersion magnétique (¹).

nous appliquerons la méthode au calcul d'un moteur dont voici les données :

Puissance utile, 6 chevaux;

Voltage en ligne, 200 volts efficaces;

Fréquence, 50; système triphasé en étoile; vitesse 900 à 1 000 tours par minute; glissement, 0,04; vitesse de l'induit, 18 m par seconde.

Nous indiquerons aussi quelques considérations sur le calcul d'une série de moteurs de différentes puissances.

1. Données. — $P_u = 6$ chevaux — 4 416 watts; $E'_1 = 200$ et $\frac{200}{\sqrt{3}} = 116\ V_{ff}$; $F = 50$; $g = 0,04$; $N_2 = 900$ à 1 000 t. p. m. $= 15$ à 16,6 t. p. s.

(¹) Dans les précédents articles trois figures ont été omises; les figures 32 et 33 reproduites ici se rapportent aux considérations du § 9 (26 novembre, p. 345); la figure 34 à celles du § 10 (3 décembre, p. 400).

2. Nombre de pôles, vitesse du champ inducteur et de l'induit, diamètres de l'induit mobile et de l'inducteur. — Soient p champs doubles ou $2p$ pôles; N tours p. s.

$$p = \frac{F}{N} \qquad (1)$$

p devant être entier, la vitesse N_1 du champ

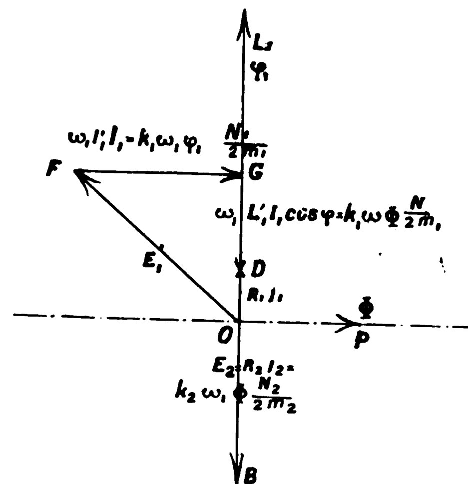


Fig. 33. — Epure des forces électromotrices pour le démarrage, en ayant égard à la dispersion magnétique.

inducteur ne sera connue que lorsque p sera déterminé.

$$N_1 = \frac{F}{p} \qquad (2)$$

Exemple : $p = \frac{50}{15 \text{ à } 16,6} = 3,34$ à 3, soit 3.

$$N_1 = \frac{50}{3} = 16,66 \text{ t. p. s.} = 1\,000 \text{ t. p. m.}$$

A pleine charge, la vitesse de l'induit est, à cause du glissement :

$$N_2 = N_1(1-g); \qquad (3)$$

$$g = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = \frac{N_1 - N_2}{N_1} = 0,02 \text{ à } 0,06 \text{ des grands aux petits moteurs.}$$

La vitesse d'un *anneau* feuilleté d'*induit*

***

pouvant être de 16 à 20 et parfois 25 m. par seconde, on a :

$$V = \pi D_2 N_2, \quad D_2 = \frac{V}{\pi N_2} = \frac{510 \text{ à } 635}{N_2} \text{ cm} \qquad (4)$$

N_2 est donnée approximativement par la relation :

$$N_2 = \frac{F}{p}.$$

On a donc assez exactement, pour V = 16 à 20 m.

$$D_2 = \frac{Vp}{\pi F} = 510 \text{ à } 635 \frac{p}{F} \text{ cm} \qquad (5)$$

Dans une série de moteurs à même fréquence et même vitesse périphérique, le diamètre de l'induit croît donc proportionnellement au nombre de champs ou de pôles.

En particulier, pour V = 18 m p. s. et F = 50, on a :

$$D_2 = 11,5 \text{ p. cm.} \qquad (6)$$

Pour 1 champ double,	$D_2 =$	115	mm
» 3 champs doubles,	»	345	»
» 6 »	»	690	»
» 12 »	»	1.380	m
» 15 »	»	1.730	»
» 20 »	»	2,300	»

Pour des raisons mécaniques, le diamètre de l'inducteur est :

$$D_1 = D_2 + 1 \text{ à } 4 \text{ mm.} \qquad (7)$$

Exemple : $N_2 = N_1 (1 - 0,04) = 16,66 \times 0,96 = 16$ tours par seconde, c'est-à-dire 960 tours par minute.

$$D_2 = 11.5 \times 3 = 34,5 \text{ cm ou } 345 \text{ mm}$$
$$D_1 = 345 + 3 = 348 \text{ mm.}$$

Note. — Thomson donne la formule empirique suivante :

$$D_2 = 400\sqrt{\frac{P \text{ chevaux}}{V}} \text{ cm} = 9 \text{ à } 10\sqrt{P \text{ chevaux}} \text{ cm}$$

qui fournit des diamètres plus faibles que ceux que donne la méthode précédente.

3. NOMBRE DE BOBINES OU DE GROUPES DE FILS. LONGUEUR DES GROUPES DE FILS, DES PÔLES ET DES CHAMPS. — On choisit les nombres n_1 et n_2 de bobines (enroulement en anneau) ou de groupes de fils (enroulement en tambour) par phase et par champ, inducteur ou induit, généralement 2. Les

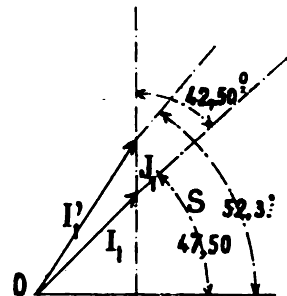


Fig. 34. — Epure des courants.

nombres de phases étant m_1 et m_2, le nombre de champs doubles p, on a :

p champs, $2p$ pôles, $n_1 p$ groupes de fils par phase et $m_1 n_1 p$ groupes, au total.

Les largeurs *périphériques* sont :

des bobines ou groupes :

$$l_1 = \frac{\pi D_1}{m_1 n_1 p_1}, \qquad l_2 = \frac{\pi D_2}{m_2 n_2 p_2}; \qquad (8)$$

ou, en prenant

$$D_1 = \frac{Vp}{\pi F}, \qquad (9)$$

$$l_1 = \frac{V}{m_1 n_1 F} = \frac{1\,600 \text{ à } 2\,000}{2 \text{ à } 3 \times 2 \times 40 \text{ à } 60} = 4.5 \text{ à } 12.5 \text{ cm};$$

des champs doubles

$$l'_1 = \frac{V}{F} = \frac{1\,600 \text{ à } 2\,000}{40 \text{ à } 60} = 26,7 \text{ à } 50 \text{ cm}; \qquad (10)$$

des pôles

$$l''_1 = 13,35 \text{ à } 25 \text{ cm}$$

en moyenne

$$l_1 = \frac{1\,800}{2 \text{ à } 3 \times 2 \times 50} = 9 \text{ à } 6 \text{ cm}$$
$$l'_1 = \frac{1\,800}{50} = 36 \text{ cm}$$
$$l''_1 = \ldots \quad 18 \text{ cm.}$$

Exemple. Pour V = 1800 m, F = 50 et des courants triphasés on voit que les longueurs des groupes ou faisceaux de fils, des

pôles et des champs de notre moteur seront respectivement de 6,18 et 36 cm.

4. COURANTS INDUCTEURS. — Soient R_i le rendement industriel ou total du moteur, A son facteur de puissance cos φ, E'_1eff. les tensions entre les bornes d'une phase, I *eff*, les courants inducteurs, on a :

$$P_u = P_t R_i = m_1 E'_1 \text{ eff. } I_{1 \text{ eff.}} A R_i \qquad (11)$$

$$I_1 \text{ eff.} = \frac{P_u}{m_1 E'_1 \text{ eff. } A R_i} \qquad (12)$$

La figure 35 donne les valeurs moyennes et

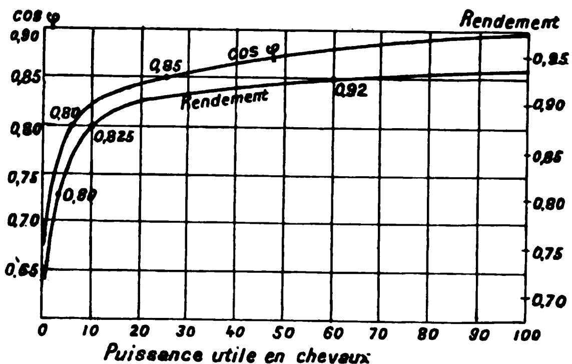


Fig. 35. — Courbes des coefficients de puissance et des rendements industriels des bons moteurs à courants polyphasés.

approximatives de A = cos φ et de R_i pour différentes puissances.

Exemple. — A = 0,80, R_i = 0,80, E' *eff*$_1$ $= \frac{200}{\sqrt{3}}$ (montage en étoile) = 116 volts, $m = 3$, P_u = 4 416 watts.

$$I_1 \text{eff.} = \frac{4\,416}{3 \times 116 \times 0{,}8 \times 0{,}8} = 19{,}9, \text{ soit 20 ampères}$$

$$P_t = \frac{P_u}{0{,}8} = 5\,520 \text{ watts.}$$

5. SECTION DU FIL DE L'INDUCTEUR. — *a*). On se donne la densité du courant en ampères par mm^2 dans le fil inducteur, soit $\delta = 1{,}5$ à 3, parfois 3 à 4 ampères.

$$s_1 = \frac{I_1 \text{ eff.}}{1{,}5 \text{ à } 3} \qquad (13)$$

La résistance du fil en ohms par cm de longueur et à 60° C devient ainsi :

$$\rho = \frac{0{,}00025}{d_1^2} = \frac{0{,}0002}{s_1}, \; d_1 \text{ et } s_1 \text{ en mm et mm}^2. \qquad (14)$$

Exemple.

$$\delta = 2\text{A p. mm}^2$$

$$s_1 = \frac{20}{2} = 10 \text{ mm}, \; d_1 = 3{,}6 \text{ mm}$$

$$\rho = \frac{0.0002}{10} = 0{,}00002 \text{ ohm p. cm de longueur.}$$

b). On peut se servir d'une autre méthode, ou vérifier le résultat de la première comme nous allons l'indiquer ci-dessous.

Déterminons d'abord le champ moyen dans l'entrefer.

*Soit la fréquence 5*o pour laquelle l'induction de 5 000 unités CG_2.S, est avantageuse.

On sait qu'en pratique l'espace fer entre les encoches est souvent sensiblement égal à l'espace air et que, si les encoches sont ouvertes, l'ouverture vaut à peu près la moitié de la largeur.

Si nous adoptons $B_1 = 5\,000$ entre les encoches où l'induction est maximum, il y aura dans l'entrefer, vis-à-vis des encoches, $\frac{5\,000 \times 2}{3}$ si les encoches sont ouvertes et $\frac{5\,000}{2}$ si elles sont fermées. C'est là le maximum de la valeur du champ dans l'entrefer. Si nous admettons la répartition sinusoïdale dans l'entrefer, la valeur moyenne efficace sera :

$$\frac{5\,000 \times 2}{3 \times \sqrt{2}} \text{ à } \frac{5000}{2\sqrt{2}} = 5000 \times \frac{1}{2{,}12} \text{ à } \frac{1}{2{,}82},$$

$$\text{en moyenne } 5\,000 \times \frac{1}{2{,}5} = 5\,000 \times 0{,}4 = 2\,000 \qquad (15)$$

C'est-à-dire que *la valeur du champ moyen efficace dans l'entrefer doit être approximativement les 0,4 de la valeur de l'induction choisie dans le fer de l'inducteur pour un rendement maximum.*

Soient aussi :

E'_1*eff* la force électromotrice efficace totale par phase, 0,95 à 0,98 E'_1eff. la force électromotrice efficace effective par phase, déduction faite de la perte par effet Joule, *l* la longueur totale utile du fil par phase dans l'entrefer $\mathcal{H}$, le champ moyen efficace dans l'entrefer, V = 1 600 à 2 000 et parfois 2 000 à 2 500 cm la vitesse approximative du champ inducteur,

k le coefficient de réduction de la force électromotrice connu, $\nu = 1,1$ à $1,2$ le coefficient de perte de flux entre l'inducteur et l'entrefer.

On a :

$$l = \frac{0,95 \text{ à } 0,98 \, E'_{1\,\text{eff.}} \times 10^8}{k\mathcal{H}V\nu} \text{ cm} \qquad (16)$$

Ayant la longueur utile du fil par phase, on en déduira la longueur L_1 totale en évaluant la longueur des fils de raccordement comme ci-dessous § 7. Selon le type du moteur et les relations théoriques ou pratiques que l'on possède, $m_1 L_1$ sera la longueur totale des conducteurs.

On se donnera alors la perte w watts consentie par effet Joule et on se servira des relations suivantes :

$$m_1 R I^2_{1\,\text{eff.}} = w \qquad (17)$$

$$R = \frac{w}{I^2_{1\,\text{eff.}}\, m_1}$$

$$\rho = \frac{R}{m_1 L_1} = \frac{w}{m_1 I^2_{1\,\text{eff.}} L_1} = \frac{0,00025}{d^2_1}$$

$$d^2_1 = \frac{0,00025 \, m_1 I^2_{1\,\text{eff.}} L_1}{w} \qquad (18)$$

On pourrait aussi, connaissant $m_1 L_1$ et la section $s_1 (5\text{-}a)$, vérifier seulement si la perte ω tombera entre les limites pratiques.

Exemple : $B_1 = 5\,000$ pour $F = 50$, $\mathcal{H} = 5\,000 \times 0,4 = 2\,000$.

$$l = \frac{0,97 \times 116 \times 10^{-8}}{0,96 \times 2\,000 \times 1\,800 \times 1,15} = 2\,840 \text{ cm.}$$

Nous verrons plus loin qu'un fil d'enroulement en tambour a pour développement théorique la largeur de l'inducteur $+ m_1 l_1$ ou $+ 3 \times 6$ ou 18 cm.

En pratique, le recouvrement des fils porterait cet ajoutage à 20 cm. La largeur de l'inducteur devant être de 20 cm au moins, on voit que les raccordements doublent approximativement la longueur utile du fil. La longueur totale du fil par phase est donc de $2\,840 \times 2 = 5\,680$ cm et la résistance de

$$0,00002 \times 5\,680 = 0,114 \text{ ohm à } 60°.$$

La perte par effet Joule sera de :

$$m_1 R I^2_{1\,\text{eff.}} = 3 \times 0,114 \times 20^2 = 137 \text{ watts.}$$

soit $\frac{137 \times 100}{5\,520} = 2,5$ p. 100 de la puissance totale dépensée.

Cette perte étant satisfaisante, nous conserverons le diamètre du fil précédemment admis, soit de 3,6 mm.

6. Epaisseur utile de l'anneau inducteur. — L'induction moyenne dans le fer doit être choisie selon la fréquence des courants. Les tableaux suivants donnent les inductions convenant à différentes fréquences et la somme des pertes par courants de Foucault et hystérésis pour la fréquence 100 et 1 kg de fer. Pour une fréquence F différente, on multiplie la perte indiquée par $\frac{F}{100}$.

Fréquence F :	40	50	60	80	100	120
Induction $\mathcal{B}$ =	6500 à 5500	5500 à 4500	5000 à 4000	4000 à 3000	3500 à 2500	3000 à 2550

$\mathcal{B}$ =	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	10000	12000	15000	18000	20000
Perte par h et F. par kg =	0,66	1,06	1,6	2,4	3,3	4,2	5,7	7	12	17	23	28

Soient (fig. 36 à 38) : a la largeur de l'inducteur feuilleté ; b son épaisseur utile, suivant un rayon, les encoches non comprises.

$$S_1 = abq \qquad (19)$$

q étant un coefficient, généralement de 0,85, qui tient compte de l'isolement des tôles.

Dans cette section, ou par demi-pôle, le flux s'élève à

$$\frac{\Phi}{2} = abq\,\mathcal{B}_1 \qquad (20)$$

$\mathcal{B}_1$ étant l'induction admise, soit 5 000 pour 50 périodes par seconde.

Désignons par ν' le facteur de dispersion des lignes de force entre l'inducteur et l'entrefer, soit de 1,1 à 1,2, (approximativement),

parfois davantage, et par ν le facteur de dispersion entre l'inducteur et l'enroulement d'induit, soit environ 1,33.

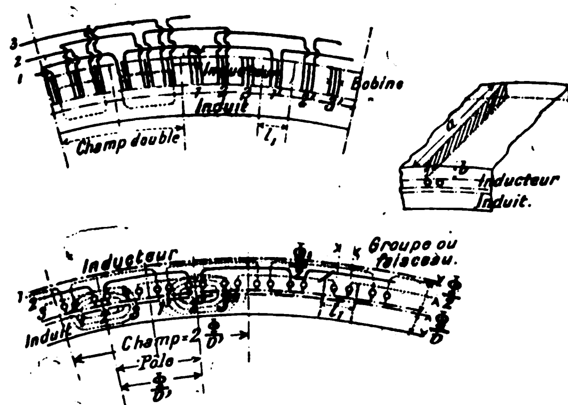


Fig. 36 à 38. — Données principales d'un moteur à courants polyphasés. Spire d'enroulement en anneau d'un inducteur de moteur à courants polyphasés.

$\mathcal{H}$ étant le champ efficace dans l'entrefer, le champ moyen y est de $\mathcal{H} \times \frac{1}{1,1}$ et le flux par champ dans l'entrefer est de

$$m_1 n_1 l_1 a \mathcal{H} \frac{1}{1,1} \tag{21}$$

Le flux inducteur qui passe par l'entrefer dans un champ double est d'autre part :

$$2\Phi = 4abq\,\mathfrak{B}_1 \frac{1}{\nu'}. \tag{22}$$

Les relations (21) et (22) donnent :

$$b = \frac{m_1 n_1 l_1 \mathcal{H} \nu'}{4q\mathfrak{B}_1\, 1,1}$$

Or,

$$l_1 = \frac{V}{m_1 n_1 F}.$$

Il vient donc :

$$b = \frac{\mathcal{H}\nu' V}{4q\mathfrak{B}_1\, 1,1\, F} = \frac{1,2 \times 1600 \text{ à } 2000}{4 \times 0,85 \times 1,1} \frac{\mathcal{H}}{F\mathfrak{B}_1}$$

ou

$$b = 512 \text{ à } 640 \frac{\mathcal{H}}{F\mathfrak{B}_1} \text{ cm} \tag{23}$$

Nous avons posé en moyenne

$$\frac{\mathcal{H}}{\mathfrak{B}_1} = \frac{1}{2,5}$$

La relation (23) peut donc encore être mise sous la forme

$$b = 205 \text{ à } 256 \frac{1}{F} \text{ cm} \tag{24}$$

soit, pour $F = 50$:

$$b = 4,1 \text{ à } 5,1 \text{ cm, en moyenne } 4,6 \text{ cm.}$$

Pour une autre vitesse V' : $b = 4,6 + \frac{V'}{V}$.

Pour 2.500 cm : $4,6 + \frac{2.500}{1.800} = 6,4$ cm.

D'après cela, *tous les moteurs de même fréquence et de même vitesse périphérique ont même épaisseur utile de l'inducteur.*

Exemple. — L'inducteur du moteur servant d'exemple, à 18 m. de vitesse périphérique et 50 périodes par seconde, aura donc 4,6 cm pour épaisseur utile et tous les moteurs du même type auraient la même épaisseur.

7. Longueur de l'anneau inducteur, nombre de fils et résistance ohmique par phase. — *a*). Le diamètre du fil inducteur de notre exemple étant de 3,6, il sera de 4,2 mm environ isolé et 3 fils, avec la gaine en carton, prendront une largeur de 14 mm. Les encoches pourraient donc avoir 14 mm de largeur, et, si nous admettons que le plein vaut le vide, on pourrait pratiquer $\frac{360}{28} = 12,9$ encoches dans un champ de 360 mm de longueur. Comme il y a 3 phases et 6 groupes par champ, c'est 12 encoches par champ qu'il faut adopter, soit 36 pour tout l'inducteur. La profondeur des coches vaut 1 à 2 fois la largeur. En prenant 4 fils sur la profondeur, celle-ci vaudra 18 mm environ. Comptons en plus 4 mm pour le rebord. Les 36 encoches auront donc 14×18 mm et 4 mm de rebord, en tout 22 mm de profondeur. L'entrée pourra avoir 6 mm de largeur.

Comme on vient de le voir, un premier procédé consiste à déterminer par tâtonnement le nombre d'encoches par champ, puis à tracer l'inducteur en tenant compte de la section des fils, de l'isolant, et en remarquant que le vide des encoches vaut à peu près le

plein et que leur profondeur égale de 1 à 2 fois leur largeur. On calcule alors le nombre de fils et leur longueur utile individuelle en remarquant que la longueur totale est donnée par la formule (16).

Dans notre exemple il y a :

12 fils par encoche
$12 \times 12 = 144$ fils par champ ou par phase
$144 \times 3 = 432$ fils au total.

La longueur utile d'un fil ou la *largeur de l'inducteur* devient ainsi :

$$\frac{l}{144} = \frac{2840}{144} = 19,8 \text{ cm} = 198 \text{ soit } 200 \text{ mm.}$$

L'exemple discuté que nous venons de voir fait comprendre l'esprit de la méthode.

Le voici résumé en peu de mots :

Les fils sont généralement placés dans des encoches fermées, ou, plus souvent, ouvertes et creusées à la surface interne de l'inducteur. On choisira le nombre n''_1 de ces encoches par bobine ou groupe de fils. Le nombre total en sera

$$C = m_1 n_1 p n''_1$$

à répartir sur le pourtour de la carcasse.

Le produit $m_1\, n_1\, p$ est connu car $n_1 = 2$.

On déterminera n''_1 par comparaison avec d'autres moteurs et par les considérations pratiques ordinaires lors du tracé à grande échelle de la carcasse. On fera, autant que possible, la largeur de l'espace fer égale à celle de l'espace vide des trous et ceux-ci de 1 à 2 fois aussi profonds que larges.

La dispersion des flux augmente avec la profondeur des trous.

Le nombre de trous étant C, leur largeur sera à peu près $b = \frac{\pi D_1}{2C}$, et leur profondeur $\frac{\pi D_1}{2C}$ à $\frac{\pi D_1}{C}$ et enfin leur section $\frac{\pi^2 D_1^2}{4C^2}$ à $\frac{\pi^2 D_1^2}{2C^2}$.

Il sera préférable de se donner la largeur l de ces encoches et de calculer la profondeur si l'on connaît le nombre n'_1 de fils par groupe.

Pour cela, on déterminera : le nombre de fils par encoche

$$\frac{n'_1}{n''_1},$$

la section s d'un fil avec son isolant ; la section totale des fils d'une encoche

$$\frac{n'_1}{n''_1} \times s,$$

la section totale nécessaire, en ajoutant à cette dernière celle du tube s' en papier qui doit garnir le trou

$$\frac{n'_1}{n''_1} \times s + s'$$

et on divisera ce résultat par la largeur des encoches, ce qui donnera la profondeur approximative

$$\frac{\frac{n'_1}{n''_1} s + s'}{b}$$

que l'on pourra vérifier par le tracé en grandeur naturelle.

Généralement, on ne connaîtra pas le nombre total N_1 de fils et par conséquent leur nombre n' par groupe. Alors on se donnera différentes profondeurs d'encoches après avoir choisi leur nombre et leur largeur, on déterminera les nombres de fils correspondants ainsi que les largeurs d'inducteur $a = \frac{m_1 l}{N_1}$ et, après s'être arrêté à une largeur convenable, on fixera définitivement le nombre de fils et la profondeur des encoches.

b). Essayons d'une autre méthode *théoriquement* préférable.

Rendons pour cela minimum la perte par hystérésis, courants de Foucault et effet Joule dans l'inducteur.

w_1 étant la perte due à l'hystérésis et aux courants de Foucault *par cm³ de fer* (voir données expérimentales), la perte *par bobine inductrice* pour ces deux effets, en comptant

approximativement l'influence de la partie percée de trous, est :

$$p_{h.F.} = abl_1 q w_1 \times \frac{46 + \frac{18}{2} + 4}{46} = 1,28 \times 0,85\, abl_1 w_1 = 1,09\, abl_1 w_1 \quad (25)$$

Soit n'_1 le nombre des spires par bobine de l'enroulement en anneau ou fils périphériques par groupe d'enroulement en tambour.

Il y a $\frac{n'_1}{2}$ spires inductrices par groupe quant au flux Φ, $\frac{n'_1 n_1 p}{2}$ spires par phase, $\frac{n'_1 n_1 m_1}{2}$ spires par champ et $\frac{n' n_1}{2}$ spires par phase et par champ.

E'_1 est la force électromotrice maximum par phase, $\frac{E'_1}{p}$ la force électromotrice par phase et par champ.

Le flux balayant l'enroulement inducteur est Φ par champ. Le flux traversant l'enroulement induit est

$$\Phi' = \frac{\Phi}{\nu} = \frac{\Phi}{1,33} = 0,75\,\Phi \quad (26)$$

soit $0,98\, E'_1$ la force électromotrice effective, déduction faite de la perte par effet Joule et appliquons la formule d'induction des moteurs et transformateurs :

$$E = \omega n \Phi \quad (27)$$

à l'enroulement d'une phase sur l'étendue d'un champ.

$$E = \frac{E'_{1\,eff.} \sqrt{2} \times 0,98 \times 10^8}{p}, \quad \omega = 2\pi F, \quad n = \frac{n_1 n'_1}{2}, \quad \Phi = \Phi,$$

$$\frac{E'_{1\,eff.} \sqrt{2}\; 0,98 \times 10^8}{p} = 2\pi F \frac{n_1 n'_1}{2} \Phi \quad (28)$$

Cette formule donne même résultat que la formule $E_{eff.} \sqrt{2} = k\omega\, \Phi \frac{N_1}{2m}$ donnée antérieurement avec le coefficient $k = 1$. En réalité, $k = 0,955$ à 1 selon les cas.

On tire de la formule (28) :

$$\Phi = \frac{E'_{1\,eff.}\, 10^8}{p F n_1 n'_1} 0,44, \quad (29)$$

$$n'_1 = \frac{E'_{1\,eff.}\, 10^8 \times 0,44}{\Phi p F n_1}$$

Mais

$$\Phi = 2abq\mathfrak{B}_1 \text{ et } b = \frac{\mathcal{H}\nu' V}{4q\mathfrak{B}_1 F \times 1,1}$$

On a donc :

$$\Phi = \frac{a\mathcal{H} V \nu'}{2 \times 1,1 \times F} = 0,55 \frac{V a \mathcal{H}}{F}, \quad (30)$$

$$n'_1 = 0,8 \frac{E'_{1\,eff.}\, 10^8}{n_1 p V a\mathcal{H}} = 0,8 \frac{E'_{1\,eff.}\, 10^8}{V n_1 p \mathcal{H}} \frac{1}{a} = \frac{A}{a} \quad (31)$$

A étant une constante pour un moteur donné.

Pour une bobine d'enroulement en anneau

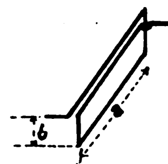


Fig. 39.

(fig. 39) la longueur d'une spire est $2\,(a+b)$ et d'un groupe $2\, n'_1\, (a+b) = 2 \frac{A}{a} (a+b) = A_1 + \frac{A_2}{a}$, A_1 et A_2 étant des constantes.

$$A_1 = 2A, \quad A_2 = 2Ab.$$

Dans l'enroulement en tambour on a, pour

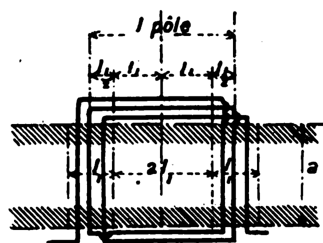


Fig. 40. — Schéma de deux faisceaux de fils d'un inducteur à tambour de moteurs à courants polyphasés.

longueur d'un fil périphérique d'un groupe (fig. 40).

$$a + \frac{2l_1}{2} + 2l_1 \frac{m-1}{2} = a + m_1 l_1,$$

du groupe

$$n'_1 (a + m_1 l_1) = \frac{A}{a} (a + m_1 l_1) = A_1 + \frac{A_2}{a}$$

$$A_1 = A, \quad A_2 = A m_1 l_1$$

La résistance du fil par cm étant ρ et le

courant I_1 eff., la perte par effet Joule est :

$$p_j = \rho\left(A_1 + \frac{A_2}{a}\right) I^2_{1\,\text{eff.}} \qquad (32)$$

La perte totale de puissance par bobine ou groupe pour l'hystérésis, les courants de Foucault et l'effet Joule, est donc :

$$p_{h.F.} + p_j = 1{,}09\, abl_1 w_1 + \rho\left(A_1 + \frac{A_2}{a}\right) I^2_{1\,\text{eff.}};$$

relation de la forme

$$A'a + A'' + \frac{A'''}{a}$$

dont le minimum correspond à la condition

$$A'a^2 - A''' = 0.$$

d'où

$$a = \sqrt{\frac{A'''}{A'}}. \qquad (33)$$

On a :

$$A' = 1{,}09\, bl_1 w_1; \qquad A''' = \rho A_2 I^2_{1\,\text{eff.}},$$
$$A_2 = Am_1 l_1 = 0{,}8\,\frac{E'_{1\,\text{eff.}}\, 10^8\, m_1 l_1}{Vn_1 p\mathcal{H}}$$

d'où

$$A''' = 0{,}8\,\rho\,\frac{E'_{1\,\text{eff.}}\, 10^8\, m_1 l_1}{Vn_1 p\mathcal{H}}\, I^2_{1\,\text{eff.}}$$

En ayant égard aux relations (9), (12), (13), (14) et (23), nous trouvons :

$$A' = 0{,}292\,\frac{V^2 \nu'}{m_1 n_1 F^2}\,\frac{\mathcal{H}}{\mathcal{B}_1}\, w_1 \qquad (34)$$

$$A''' = 16\,000\,\frac{\delta}{AR_i\, m_1 n^2_1}\,\frac{P_u}{p\mathcal{H}F} \qquad (35)$$

$$a = \sqrt{\frac{A'''}{A'}} = 234\,\frac{F}{V}\sqrt{\frac{\delta}{AR_i\,\nu' n w_1} \times \frac{\mathcal{B}_1}{\mathcal{H}} \times \frac{P_u}{p\mathcal{H}F}} \qquad (36)$$

Pour un moteur donné,

$$\frac{F}{V},\ \frac{\delta}{AR_i\,\nu' n_1 \nu_1},\ \frac{\mathcal{B}_1}{\mathcal{H}}$$

sont sensiblement constantes et il vient

$$a = K\sqrt{\frac{P_u}{p\mathcal{H}F}}$$

c'est-à-dire que la largeur du moteur est proportionnelle à la racine carrée de la puissance utile et en raison inverse de la racine carrée du nombre de champs, du champ efficace dans l'entrefer et de la fréquence.

On remarquera aussi que la largeur la plus économique est proportionnelle à la racine carrée de la densité δ du courant dans le fil inducteur. En doublant celle-ci, on doit majorer la largeur de 41 p. 100 pour diminuer l'influence des raccordements des fils sur leur longueur totale.

La perte en watts par cm³ de fer doit être choisie très sérieusement car elle influe beaucoup sur la valeur de a.

Dans notre exemple, ω_1 est la perte par cm³. Or, la perte par kgr de fer pour $B = 5\,000$ et $F = 100$ est de 2,4 watts, soit de 1,2 watt pour $F = 50$. Par cm³ : $\frac{1{,}2 \times 7{,}8}{1\,000} = \frac{9{,}35}{1\,000}$ watt.

$$K = 234\,\frac{50}{1\,800}\sqrt{\frac{2}{0{,}8 \times 0{,}8 \times 1{,}2 \times 2 \times \frac{9{,}35}{1\,000}}} \times 2{,}5$$
$$= 122$$

$$a = 122\sqrt{\frac{4416}{3 \times 2\,000 \times 50}} = 15 \text{ cm}$$

$$A = \frac{0{,}8 \times 116 \times 10^8}{1\,800 \times 2 \times 3 \times 2\,000} = 430$$

$$n'_1 = \frac{A}{a} = \frac{430}{15} = 28$$

$$N_1 = m_1 n_1 p n'_1 = 3 \times 2 \times 3 \times 28$$
$$= 504 \text{ fils périphériques.}$$

Comme on le voit, la largeur d'inducteur la plus économique est de 150 mm alors que nous avions trouvé 200 dans une première approximation.

Voyons si avec 150 mm nous pourrions conserver 36 encoches.

Il y aurait

$$\frac{504}{36} = 14 \text{ fils par encoche}$$

au lieu de 12 et la profondeur serait d'environ $18 + 4{,}2 = 22{,}5$ mm, soit moins encore que le double (28 mm) de la largeur.

Voyons quel est le nombre d'ampères-tours par pôle du moteur que nous étudions. Le courant est de 20 ampères efficaces et le nombre de tours de fils par pôles est

$$\frac{m_1 n_1 n'_1}{2 \times 2} = \frac{3 \times 2 \times 28}{2 \times 2} = 42,$$

ce qui correspond à

$$42 \times 20 = 840$$

ampères-tours par pôle,

Kolben indique 975 à 1 200 pour $F = 42$ à 50 et pour courants triphasés. On pourrait même partir de ces limites pour déterminer grosso modo le nombre de fils périphériques. M. Kolben s'en sert pour déterminer l'enroulement; de celui-ci il déduit le flux, puis la section de l'inducteur, d'où sa largeur, connaissant le diamètre par la vitesse, la fréquence et le nombre de pôles. Ainsi, pour 1 000 ampères-tours par pôle, la méthode de Kolben eût donné $\frac{1000}{20} = 50$ tours ou 100 fils par pôle et $\frac{100 \times 2}{m_1 n_1} = \frac{100 \times 2}{3 \times 2} = 33$ fils par groupe ou faisceau et une largeur d'inducteur de $\frac{A}{n'_1} = \frac{430}{33} = 13$ cm. Pour que la formule (36) donne cette largeur, il faudrait que la perte ω_1 par cm³ de fer fût de $\frac{12{,}5}{1000}$ au lieu de $\frac{9{,}35}{1000}$ watts.

M. Kapp indique la formule

$$P_u = CD^2_2 a N_1 10^{-6} \qquad (37)$$

P_u en chevaux, D en cm, a en cm³, N_1 tours par minute et C variant dans de larges limites avec la fréquence, le glissement, les propriétés magnétiques du fer, le rendement et l'habileté du constructeur.

On peut prendre pour une grossière approximation :

F =	25	50	75	100
C =	0,78 à 1,10	0,5 à 0,7	0,37 à 0,55	0,30 à 0,43

On trouverait pour notre exemple

$$a = \frac{P_u}{CD^2_2 N_1 \times 10^{-6}} = \frac{6}{0{,}5 \text{ à } 0{,}7 \times \overline{34{,}5}^2 \times 960 \times 10^{-6}} = 7{,}5 \text{ à } 10 \text{ cm } 6.$$

La largeur de l'inducteur serait donc de 7,5 à 10,6 cm et le nombre d'ampères-tours par pôle de 1 200 à 1 700.

La formule (37) paraît plutôt applicable aux grands moteurs. D'ailleurs M. Kapp, dans son livre relatif aux constructions électromécaniques (édition française de 1898) s'éloigne beaucoup des proportions données par Kolben : il calcule un moteur triphasé dont le nombre d'ampères-tours par pôle s'élève à 2 100.

Conclusions. — Les données du moteur que nous calculons sont celles du moteur à courants triphasés du laboratoire de l'école spéciale de Mons, construit par Schuckert et décrit par nous dans le journal en 1897.

Ses dimensions sont :

$D = 310$ mm, $b = 38$ mm, $a = 220$, $p = 3$, $m_1 = 3$, $n_1 = 2$, $n'_1 = 24$, ampères-tours par pôle $= 720$, R_1 par phase $= 0{,}108$ à la température ordinaire.

Nous trouvons en moyenne :

$D = 345$ mm, $b = 46$ mm, $a = 150$, $p = 3$, $m_1 = 3$, $n_1 = 2$, $n'_1 = 28$, ampères-tours par pôle $= 840$, longueur utile du fil $= 504 \times 15 = 7\,600$, par phase 2 533 cm, longueur totale approximative du fil inducteur par phase $= 5\,060$ cm, R_1 par phase à 60° $= 0{,}101$ ohm.

Comme on a pu le remarquer par ce qui précède, on ne peut éviter des tâtonnements dans le calcul de certaines parties de la machine. L'essentiel est de s'arrêter à des dimensions satisfaisantes.

On peut modifier la largeur a de la machine sans agir sur le prix unitaire. Dans les grandes machines, on fait généralement $\frac{a}{D}$ plus faible que dans les petites. Comme l'organe fixe est formé de tôles, il y a des raisons mécaniques pour ne pas exagérer ce rapport. C'est en partie pour ce motif qu'on trouve que le diamètre D varie plutôt comme la racine carrée que comme la racine cubique de la puissance.

Nous avons indiqué un champ moyen dans l'entrefer relativement faible, 2 000 environ pour 50 périodes par seconde et nous avons expliqué ce choix. Divers auteurs indiquent de 2 000 à 3 000 pour 60 à 40 périodes, 2 500 à 4 500 pour 80 à 40 périodes. Nous préférons nos chiffres tant que la longueur de fil à loger dans l'inducteur n'est pas trop forte. Si cela est, on peut forcer le champ dans l'entrefer, mais le moins possible.

(A suivre.) S. Hanappe.

ACCUMULATEURS POUR AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES [1]

ACCUMULATEURS PULVIS

Les éléments Pulvis destinés à la traction sont caractérisés par le développement considérable de leur surface active, d'où découle la plus grande facilité de fournir sans fatigue les débits les plus violents.

TABLEAU I. — *Dimensions et poids des éléments.*

Nombre.	de plaques négatives. . .	4
	de plaques positives. . .	3
Récipient (Encombrement).	Longueur extérieure. cm.	10
	Largeur extérieure. . »	21
	Hauteur extérieure. . »	25
Plaques. .	Largeur. . . . . . . »	19
	Hauteur. . . . . . . »	15
	Surface (2 faces) . . dcm².	5,7
	Surface active développée. . . . . »	64
	Surface positive totale d'un élément. »	192
Poids.	Plaques positives . . . . kg.	2,55
	Plaques négatives. extrêmes. . . »	0,80
	Plaques négatives. intermédiaires »	1,23
	Plaques d'un élément . . »	11,71
	Plaques, liquide et récipient. . . . . »	16
	Poids total de 44 éléments. »	704

Le type courant T_7 est composé de 7 plaques, 3 positives et 4 négatives. Les positives sont constituées par une lame de plomb d'environ 9 mm d'épaisseur, étirée à la presse hydraulique à travers une filière; elles portent sur leurs deux faces des rainures horizontales très rapprochées, qui sont ensuite remplies de poudre de plomb impalpable. Les négatives, fabriquées par le même procédé, sont constituées par une lame plus mince portant des nervures horizontales espacées de 4 à 5 mm, à profil en queue d'aronde qui maintiennent la matière active; les négatives extrêmes ne sont enduites de matière active que sur une face.

Les queues de connexions sont soudées, à la soudure autogène, à une barre cylindrique en plomb pourvue d'une âme en cuivre.

TABLEAU II. — *Débit, capacité, puissance, etc.*

Durée de la décharge		5 h.
Débit normal en ampères.	par dcm² de surface positive développée.	0,156
	par plaque positive .	10
	par kg d'élément . .	1,87
	par élément	30
Force électromotrice par éléments, en volts.		1,95
Puissance normale en watts.	par kg de plaque. . .	5
	par kg d'élément. . .	3,65
	par élément	58,5
Capacité spécifique en amp.-heure.	par kg de plaque. .	12,8
	par kg d'élément . .	9,37
	par élément.	150
Énergie spécifique en watts-heure.	par kg de plaque . .	25
	par kg d'élément . .	18,25
	par élément	292,5
	pour 44 éléments. . .	12 870
Énergie en chevaux-heure pour 44 éléments		17,5
Poids par kilowatt en kg.	en plaques . .	200
	en éléments. .	273
Poids par kw-h en kg.	en plaques . .	40
	en éléments. .	54,6
Poids par chev.-heure en kg.	en plaques . .	30
	en éléments. .	40,2

Les plaques reposent sur deux prismes en ambroïne destinés à ménager un espace libre entre le bas des plaques et le fond des bacs et à éviter ainsi que les chutes éventuelles de matière active ne produisent des courts circuits. Elles sont séparées par des feuilles d'ébonite ondulées et perforées qui présentent le double avantage d'empêcher les courts-circuits sans pourtant offrir une résis-

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 19 novembre et du 3 décembre, t. XVII, p. 313 et 407.

tance sensible au passage du courant, et d'atténuer considérablement l'agitation de l'électrolyte, ce qui évite les projections du liquide et le lavage de la matière active. Les bacs sont en ambroïne.

Les dimensions, poids et données caractéristiques des plaques, éléments et batteries, sont indiqués dans les tableaux I et II.

J. REYVAL.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

L'éclairage électrique des trains, système E. Dick [1].

Le système le plus employé pour l'éclairage électrique des trains est celui dans lequel le courant est fourni aux lampes à incandescence par des accumulateurs transportables, disposés sous le véhicule. Le changement des accumulateurs après le fonctionnement, le transport des batteries aux stations de charge, exigent un personnel nombreux. Les secousses produites dans ces manœuvres altèrent la capacité des éléments et peuvent même produire des courts circuits, par suite du détachement de la masse active; en outre les erreurs des employés sont fréquentes, par exemple la batterie presque déchargée sera remise en place au lieu de la batterie chargée et la voiture se trouvera dans l'obscurité au bout de peu de temps.

Les frais nécessités par la station de charge et par le nombre d'accumulateurs double de celui qui suffit pour l'éclairage, ont fait chercher des systèmes permettant de charger la batterie pendant le trajet, en réglant automatiquement autant que possible la tension et l'intensité de la machine ; mais jusqu'ici les résultats n'ont pas été très satisfaisants.

Le nouveau système d'éclairage employé par la fabrique d'accumulateurs Wüste et Rupprecht de Bade et Vienne n'exige, pour l'installation d'un train composé d'un nombre quelconque de wagons, qu'une dynamo et un seul appareil de régulation.

[1] *Zeitschrift für Elektrotechnik*, 3 juillet 1898, p. 321.

Ses avantages essentiels sont la sécurité, une régulation précise, un service simple et une surveillance insignifiante. En outre, les frais d'établissement et d'exploitation sont peu élevés, et l'éclairage résultant est des plus satisfaisants.

Des essais ont été faits par la direction générale des chemins de fer autrichiens sur un train composé de 12 wagons de voyageurs et un de marchandises ; les résultats au bout de six mois d'un service quotidien, ont été très encourageants.

Chaque voiture est munie d'une batterie d'accumulateurs renfermée dans une caisse suspendue au châssis à la manière habituelle ; des ouvertures sont ménagées pour l'inspection. La dynamo est fixée à l'un des wagons comme les moteurs de tramways, le mouvement de l'armature est communiqué par l'essieu au moyen d'un train d'engrenages. Par suite des variations de la vitesse pendant le service des trains, un appareil de réglage est nécessaire pour la tension et l'intensité du courant de la dynamo. Un commutateur permet la mise en circuit ou hors circuit de la dynamo. Tout ce mécanisme installé dans le wagon de la dynamo occupe un espace restreint.

La production de l'énergie pour l'éclairage du train est assurée par la dynamo, lorsque la vitesse n'est pas inférieure à 25 km par heure ; pour les vitesses moindres ou les instants d'arrêt, le courant des lampes est fourni par les accumulateurs. Enfin, dès que l'éclairage n'exige plus le service de la dynamo, celle-ci est employée à recharger les batteries. Le rôle des batteries est donc tout à

fait secondaire, elles sont chargées et déchargées pendant de faibles intervalles de temps, de sorte qu'il n'est besoin que d'accumulateurs légers et de petite capacité; par suite de la faible intensité du courant de décharge, les accumulateurs sont dans les conditions les plus favorables pour leur bon entretien et leur longue durée.

Pour le courant de charge des batteries et d'éclairage des lampes, une conduite principale suit le train dans toute sa longueur; elle est formée de deux câbles bien isolés et de forte section auxquels sont reliées les batteries de chaque voiture. La liaison de wagon à wagon se fait par un couplage flexible qui se sépare de lui-même lorsqu'une voiture est retirée du train. Ce couplage électrique n'a aucun rapport avec les autres liaisons des voitures.

Dynamo. — Une seule dynamo doit suffire, aussi bien pour les trains directs d'un petit nombre de wagons que pour les grands trains de voyageurs; on la choisit de façon à satisfaire aux charges les plus fortes; la puissance maxima absorbée sur l'essieu varie de 6 à 12 chevaux.

La régulation de la tension aux bornes et de l'intensité de courant de la dynamo, se fait par les changements de l'excitation; aussi la construction et les dimensions des différentes parties doivent-elles être soigneusement étudiées, afin que la tension puisse ne pas changer lorsque la vitesse varie de 25 à 80 km à l'heure; il faut d'autre part que les étincelles trop fortes aux balais soient évitées.

Pendant les essais qui ont été faits durant six mois sur la ligne Vienne-Saint-Pœlten, on n'a observé aucune détérioration soit au collecteur soit aux balais.

La dynamo fixée au châssis par l'intermédiaire de coussins de caoutchouc est reliée directement à l'essieu du wagon au moyen d'une simple transmission par roues dentées dans le rapport 1/4. Cet engrenage est renfermé dans une boîte de fonte qui empêche l'introduction des corps étrangers, poussières et autres; elle est remplie en partie de volvoline afin de diminuer l'usure des dents.

La machine est à quatre pôles, et les aimants inducteurs ainsi que les pièces polaires sont coulés d'une seule venue, ils sont fixés au bâti au moyen de deux boulons chacun que des écrous de sûreté maintiennent encore. Les électros armature, et balais sont à l'intérieur du bâti, afin qu'aucun objet ne puisse pénétrer dans la machine et qu'elle soit à l'abri de tout dégât. L'armature se compose d'un induit denté avec enroulement en série-tambour, et les prises de courant se font avec deux balais de charbon fixés invariablement à 90° l'un de l'autre.

Une ouverture située au-dessus du collecteur donne accès auprès des balais.

Avec des roues de 1 m de diamètre, un rapport d'engrenage de 1/4 et une vitesse de 25 km à l'heure, l'armature fait 530 tours par minute. Le nombre maximum atteint, pour 80 km à l'heure, la valeur de 1 700 tours, si on ne tient pas compte des glissements. Le poids de la machine est à peu près celui des moteurs de tramways Oerlikon de 15 chevaux.

Commutateur automatique. — Lorsque la direction de marche est changée, le sens du courant est renversé dans les conducteurs principaux; ceci nécessite l'emploi d'un commutateur, de telle sorte que les liaisons de la dynamo et des batteries se fassent toujours suivant les mêmes polarités.

Le commutateur C (fig. 1) se compose d'un arbre commandant trois leviers isolés électriquement, à deux directions, actionné par un électro. Les deux premiers leviers servent à établir les liaisons entre la dynamo et les conducteurs principaux, le troisième sert à mettre en court-circuit une résistance auxiliaire Z, qui a pour but d'augmenter la résistance dans le circuit d'excitation pendant l'arrêt du train et de réduire ainsi les pertes d'énergie. En dérivation se trouve un électro-aimant muni d'un induit à trous disposé de façon à tourner entre ses

pièces polaires; l'induit est constitué par une masse de fer trempé.

L'électro-aimant est excité continuellement par les accumulateurs, tandis que l'induit ne reçoit de courant que lorsque la dynamo est en marche. On obtient ainsi malgré le faible champ magnétique, un mouvement de rotation qui produit la commutation suivant la direction du courant. Dans la position de repos, un contre-poids maintient les leviers de façon qu'ils ne fassent la liaison ni d'un côté ni de l'autre malgré les trépidations.

Conjoncteur-disjoncteur automatique. — Pour produire les connexions convenables au moyen du commutateur C, on emploie le conjoncteur E, qui fonctionne aussitôt que la tension aux bornes de la dynamo atteint environ 120 volts (dans le cas qui nous occupe). Cet appareil se compose d'un fléau portant à chacune de ses extrémités un noyau de fer, le barreau de droite est terminé par un contrepoids régulateur, tandis que celui de gauche est muni d'un contact à fourche qui établit la liaison entre la dynamo et les

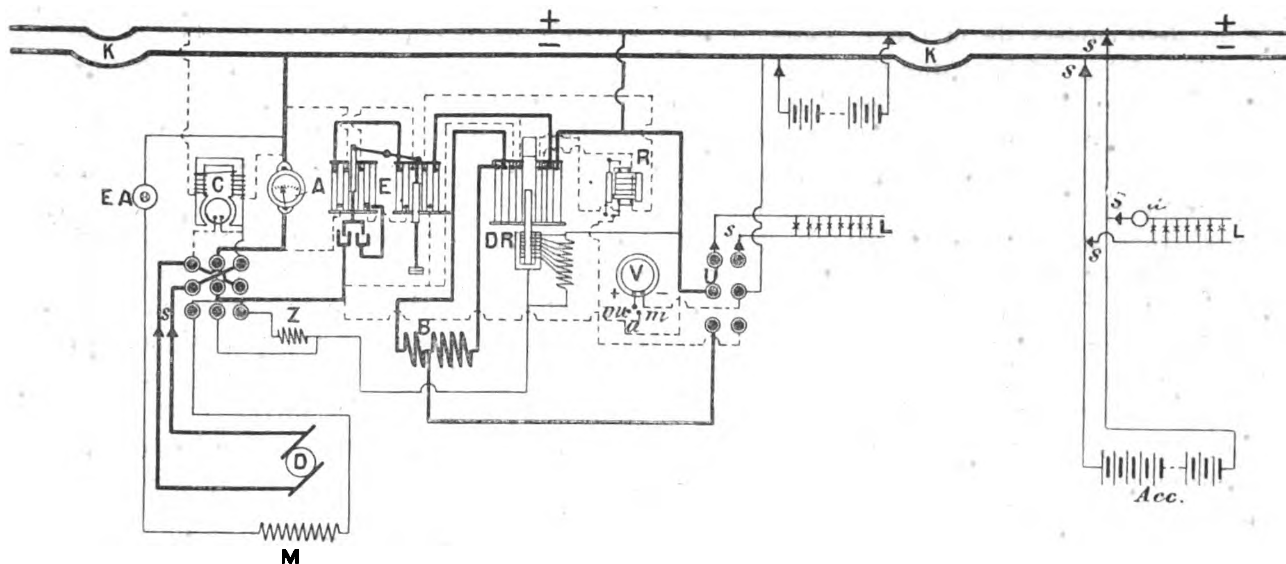


Fig. 1.

conducteurs principaux. Ces barreaux se déplacent à l'intérieur de solénoïdes formés de trois enroulements.

L'enroulement intérieur (fil fin) est en dérivation sur les conducteurs principaux, il reçoit le courant des batteries et polarise toujours dans le même sens les noyaux de fer doux. L'enroulement intermédiaire (fil fin) est relié, par le commutateur C, aux bornes de la dynamo et, lorsque celui-ci fonctionne bien, il renforce l'action du premier enroulement et met par le mouvement de la fourche de contact la machine dans le circuit ou hors du circuit des conducteurs principaux.

Pourtant il pourrait arriver que le sens de la marche du train changeant, le commutateur ne fonctionnât pas; dans ce cas les ampères-tours de l'enroulement intérieur agiraient en sens inverse de ceux de l'enroulement du milieu, la force d'attraction sur la fourche de contact serait alors plus faible que celle due à l'enroulement intérieur seul, et la mise en circuit de la machine ne pourrait pas se produire dans ce sens.

Aussitôt que la dynamo est reliée aux conducteurs principaux par la fourche de contact, le courant de la machine parcourt le troisième enroulement des solénoïdes (gros fil) et renforce l'attraction sur le levier, d'autant plus que l'intensité du courant de la machine est plus grande.

De même, la mise de la dynamo hors du

circuit des conducteurs principaux et des batteries, se produit quand la tension de la machine descend au-dessous de 120 volts; la force d'attraction de la bobine médiane diminue ainsi que l'action de l'enroulement extérieur, en même temps l'intensité du courant de la machine s'abaisse à zéro pour prendre dans ces conditions une valeur de sens contraire. Ce courant inverse qui règne dans la machine et ne peut durer qu'un instant, assure au même moment la mise hors circuit.

Les pointes de l'interrupteur plongent dans deux godets de mercure. Pendant les essais qui ont été faits durant six mois, on n'a observé aucune étincelle à la rupture du circuit, tandis qu'on entendait un court sifflement à la fermeture. La grandeur de l'étincelle dépend de la tension à l'endroit de la rupture et on la réduit au minimum à l'aide du contrepoids régulateur.

Régulateur automatique de tension. — Pour assurer la régulation de la dynamo, on a recours au régulateur DR qui est indépendant du commutateur et produit les modifications convenables de la résistance de l'enroulement des électros.

Il se compose d'un barreau de fer doux mobile à l'intérieur d'un solénoïde et qui est maintenu dans différentes positions suivant les ampères-tours qui agissent sur lui. L'extrémité inférieure du barreau plonge dans un vase rempli de mercure; ce vase est constitué par des anneaux de tôle superposés, séparés les uns des autres par des anneaux de mica et fortement pressés. Chaque anneau de fer est relié à un fil conducteur qui conduit aux éléments correspondants de la résistance de réglage. A l'extrémité supérieure, le barreau porte un piston qui glisse dans une cavité de façon à éviter les mouvements violents.

Quatre enroulements agissent sur le noyau de fer. Les deux intérieurs sont constitués par du fil fin et les deux extérieurs par du gros fil, et tous quatre ont une action de même sens. Le premier est soumis à la tension qui règne à la dynamo, le deuxième n'entre en action qu'à la fin de la charge, le troisième agit pendant la charge des batteries, enfin le troisième et le quatrième agissent également pendant la fourniture du courant aux lampes par la dynamo.

Relais. — Le relais R a pour but, à la fin de la charge des accumulateurs, de produire indirectement une diminution de la tension de la dynamo. Il se compose essentiellement d'un électro-aimant en fer à cheval qui porte une bobine magnétisante à chaque branche. Aussitôt que la tension des éléments a atteint 2,5 volts environ, sous l'action de la bobine inférieure, l'aimant correspondant attire une pièce de fer qui établit un contact par lequel le courant passe dans la bobine supérieure.

Batteries. — La batterie d'accumulateurs employée dans le train d'essai était composée pour chaque voiture de 57 éléments, d'une capacité de 25 ampères-heure. L'intensité maxima pour la charge était de 3 ampères. Il est bien évident que l'on est libre d'employer des batteries de plus grande capacité capables d'assurer un éclairage de longue durée; le choix du système est arbitraire.

Chaque batterie renfermée dans une caisse de bois close est suspendue au châssis de la voiture. Le poids d'une caisse complète est d'environ 180 kg. Ces caisses sont munies d'ouvertures pour laisser échapper les gaz qui se dégagent pendant la charge; elles sont protégées à l'intérieur et à l'extérieur par une couche de vernis.

Installation. — La disposition des conducteurs pour les lampes et les batteries et l'emplacement des coupe-circuits sont indiqués nettement par le schéma (fig. 1). Remarquons que dans le cas d'un court-circuit produit dans les conducteurs principaux, chaque batterie assure l'éclairage du wagon correspondant et il ne se produit pas d'interruption.

Chaque wagon est muni en moyenne de sept lampes de 8,5 bougies à 111 volts. Un

interrupteur placé dans une petite caisse fermée permet au conducteur d'allumer ou d'éteindre toutes les lampes d'une voiture.

Fonctionnement. — Quand le train est en arrêt, un faible courant circule des batteries à l'enroulement d'excitation de la dynamo, c'est-à-dire du conducteur négatif par M et la résistance auxiliaire Z jusqu'au conducteur positif. Dans le cas d'une interruption de quelque temps dans l'exploitation, on peut éviter la consommation inutile du courant d'excitation en ouvrant le circuit au moyen de l'interrupteur EA. En outre, le courant passe par l'enroulement intérieur de l'interrupteur automatique E, la bobine inférieure du relais R et l'enroulement intérieur du régulateur DR; de sorte que l'enroulement du commutateur C pourrait aussi être mis en série avec les précédents.

Les deux leviers du commutateur U sont placés dans la position inférieure pour la charge et dans la position supérieure pour l'éclairage ; cette dernière position établit aussi la liaison avec les conducteurs des lampes du wagon générateur. Le changement entre la charge et l'éclairage est effectué simplement par l'employé en renversant la position du levier du commutateur U.

Les instruments de mesure placés sur le tableau permettent à tout instant d'évaluer l'intensité et la tension à la machine et aux conducteurs principaux et de se régler sur ces valeurs.

Examinons de plus près la charge des batteries. Dès que le train, et par suite l'armature de la machine sont en mouvement, il existe une tension aux balais par suite du faible champ préexistant à la dynamo, cette tension dépend du nombre de tours et de l'excitation. L'enroulement de l'induit du commutateur C est parcouru par un courant, et par suite les trois leviers de contact accouplés directement à cet induit sont mis en mouvement, d'un côté ou de l'autre, suivant le sens de la marche et le sens du courant, pour établir la liaison convenable entre la machine et les batteries. Ainsi qu'il résulte de la description du commutateur C, lorsque la résistance auxiliaire Z est en court-circuit, l'enroulement d'excitation magnétique M est soumis à la tension totale des batteries.

Après le mouvement du commutateur, le courant traverse l'enroulement intermédiaire de l'interrupteur E, et, quand la vitesse du train atteint 25 km, la tension aux bornes de la dynamo est quelque peu supérieure à celle des batteries, et l'appareil E doit produire la mise en circuit de la machine avec les conducteurs principaux et les batteries.

Si la vitesse du train dépasse 25 km, l'intensité du courant fourni à la batterie croît jusqu'à une valeur maxima déterminée, le courant de charge circule dans l'enroulement extérieur de l'interrupteur E, qui, par suite de l'action d'un plus grand nombre d'ampères-tours, fixe la fourche de contact dans la position de fermeture.

Avec cet enroulement de E est mis en série le troisième enroulement du régulateur DR, ainsi qu'une partie de la résistance de sûreté B, tandis que le quatrième enroulement du régulateur et la deuxième partie de la résistance B sont mis en court-circuit par le commutateur U qui se trouve dans la position de charge. La résistance B est de grandeur telle qu'elle absorbe environ 10 volts lorsque passe le courant d'intensité maxima; elle diminue ainsi notablement les à-coup du courant qui pourrait réagir au moment de la mise en circuit sur les coussinets et la transmission dentée de la machine.

Par suite de la combinaison des actions de l'enroulement intérieur et du troisième enroulement du régulateur sur le barreau de fer, l'intensité du courant de charge ne dépasse jamais la valeur convenable et croît seulement peu avec l'augmentation de la vitesse, quoique le nombre de tours de l'armature varie entre 500 et 1 700 par minute.

Le fonctionnement de l'appareil est tel qu'à la fin de la charge, lorsque la tension a atteint par élément de 2,5 à 2,6 volts, l'ar-

mature du relais R est attirée, et, si la tension augmente sur les conducteurs principaux, la force d'attraction de la bobine inférieure du relais surpasse la force opposée du ressort. Lorsque le ressort de contact vient toucher la pointe du relais, la tension de la machine agit aussi sur le deuxième enroulement du régulateur DR dont le noyau de fer prend en conséquence une position relativement plus élevée. Par suite de l'introduction d'un plus grand nombre d'éléments de la résistance, le courant d'excitation de la dynamo baisse et la tension revient environ de 2,2 à 2,4 volts par élément et en même temps l'intensité du courant de charge est nulle. Conformément aux détails donnés plus haut, comme la tension régnante dépasse alors 120 volts, la mise hors circuit de la machine ne s'ensuit pas, à moins que la vitesse ne descende au-dessous de 25 km à l'heure. Les deux enroulements intérieurs du régulateur (le deuxième et le troisième) remplissent alors, c'est-à-dire à fin de charge, la fonction de maintenir la tension aux conducteurs entre les limites 2,2 et 2,4 volts, la continuation de la charge est évitée même lorsque la dynamo reste en parallèle avec les batteries pour des vitesses supérieures à 25 km, ce qui est d'une importance capitale.

Afin d'empêcher le détachement de l'armature du relais, comme le produiraient une diminution de la tension et une vibration continuelle par répétition du phénomène précédent, le relais possède une deuxième bobine, la bobine supérieure, qui appuie l'action de l'autre et fixe l'armature au contact.

A l'approche des stations, la vitesse diminue, et à l'instant du passage par la valeur critique du nombre de tours de la dynamo, l'interrupteur E entre en action et la machine est mise hors circuit; en même temps l'armature du relais reprend la position de repos. A la mise en marche du train le fonctionnement recommence.

Pour produire la lumière, l'employé utilise l'interrupteur qui se trouve dans la caisse de chaque wagon et reporte vers le haut, dans la position de l'éclairage, les deux leviers du commutateur U du wagon générateur. A l'arrêt du train, les batteries assurent la consommation des lampes, et quand la marche recommence la liaison de la dynamo avec les conducteurs principaux a lieu comme pendant la charge et le fonctionnement déjà connu se reproduit.

La mise en circuit présente pourtant une différence; tandis que, par suite de la nouvelle position des leviers du commutateur U, la résistance totale B ainsi qu'un enroulement additionnel du régulateur DR sont introduits entre la machine et les conducteurs principaux, la liaison précédente avec le relais R est interrompue. Cette disposition réduit la tension engendrée par la machine à celle qui convient pour le courant d'éclairage.

Avec la vitesse caractéristique de 25 km à l'heure, la dynamo assure l'éclairage pour la majeure partie; les batteries jouent le rôle important de régulateur, c'est-à-dire maintiennent la tension d'éclairage sensiblement constante.

La consommation du train d'essai correspond à 730 bougies, soit, en comptant 3,1 watts par bougie, 2 260 watts. Avec la tension normale de 111 volts pour laquelle sont établies les lampes à incandescence, l'intensité du courant à fournir aux lampes est de 20 ampères. Comme le régulateur ne permet à la machine qu'une tension de $57 \times 2{,}6 = 148$ volts pendant le fonctionnement en parallèle, la résistance de sûreté B doit absorber $148 - 111 = 57$ volts. La résistance B doit donc valoir $\frac{37}{20} = 1{,}85$, soit 2 ohms en pratique.

Les batteries produisent une régulation automatique; et la dynamo assure la consommation des lampes pour la partie principale quand les batteries sont fortement déchargées, tandis que la consommation du courant est due pour la plus grande part aux batteries quand elles sont en forte charge.

L'exploitation a montré que les résultats sont tout à fait d'accord avec les prévisions théoriques.

On peut aussi se demander si les batteries disposées ainsi en parallèle n'ont pas d'action mutuelle. Les batteries présentent des différences dans leur capacité d'absorber le courant; supposons par exemple qu'une batterie défectueuse soit remplacée par une batterie neuve fraîchement chargée, celle-ci, pendant la première charge, ne prend aucun courant et le courant fourni par la dynamo se répartit sur les autres batteries. Pendant la décharge, la nouvelle batterie produira une intensité plus grande que les autres et cela jusqu'à ce que les forces électromotrices des accumulateurs demeurent égales; l'excédent de courant est réparti sur les conducteurs principaux. La résistance intérieure et la polarisation des éléments contribuent en majeure partie à l'égalisation, et il s'établit ainsi une égalité entre les batteries faiblement et fortement chargées.

Prix de l'installation et de l'exploitation. — Sans faire le détail du coût des différentes parties de l'installation, il est à noter que l'aménagement d'un train, dynamo et appareils automatiques, revient environ à 7 000 fr.

D'après les calculs basés sur l'exploitation déjà faite, il résulte que le coût de la bougie-heure normale est de 0,003 fr, en tenant compte de l'amortissement et de l'intérêt. Cela fait pour les lampes de huit bougies, les plus employées, 0,024 fr, tandis que le prix de revient d'une lampe de même intensité alimentée par le gaz d'huile varie de 0,037 jusqu'à 0,12 fr.

Service et entretien. — Les soins à donner ici sont insignifiants, les batteries sont dans d'excellentes conditions pour leur conservation et le personnel n'a besoin de connaître que la manipulation suivante :

Avant le départ du voyage de jour, porter en vue de la charge le double levier du commutateur U vers le bas.

Avant le commencement du voyage de nuit, fermer les interrupteurs qui se trouvent dans chaque wagon et porter le levier du commutateur U vers le haut.

A la fin du voyage, rouvrir les interrupteurs et mettre le levier du commutateur dans la position moyenne.

Enfin, il n'y a plus qu'à graisser les coussinets de la dynamo en même temps que les différents organes du chemin de fer.

G. G.

Sur la régulation des transformateurs ;

Par F. Bedell [1].

L'auteur, reconnaissant que les méthodes graphiques données récemment par M. Everest [2] et précédemment par lui [3], sont un peu longues à appliquer en pratique, propose d'employer deux formules assez simples pour le calcul et les chutes de tension dans un transformateur destiné à l'éclairage ou dans un transformateur destiné au transport de l'énergie, c'est-à-dire avec un facteur de puissance dans le circuit secondaire plus petit que l'unité.

Transformateur pour éclairage. — Appelons I_0 le courant primaire à vide, ce courant est la résultante d'un courant watté ou courant hystérétique I_h et d'un courant dewatté ou courant magnétisant I_μ. Le courant I_h s'obtient en divisant les pertes à vide par la tension ; quant à I_μ, sa valeur est donnée par :

$$I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_h^2}$$

Le diagramme de ces courants est représenté sur la figure 1.

Si le secondaire est en charge, le diagramme des courants primaires peut être obtenu en ajoutant au courant hystérétique un vecteur de même sens que ce dernier, I_p, lequel représente la portion de courant primaire transformée en courant secondaire et est égal à ce courant multiplié par le rapport de transformation. La composante I_1 est le courant primaire total.

(1) *The Electrical World* du 8 octobre 1898, p. 364.
(2) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XVI, p. 458, 1898.
(3) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XIII. p. 462, 1897.

Exprimons tous les courants en pour cent du courant primaire I_1.

Le courant à circuit ouvert en pour cent sera

$$i_0 = 100 \times \frac{I_0}{I_1},$$

Le courant hystérétique en pour cent :

$$i_h = 100 \times \frac{I_h}{I_1},$$

et le courant magnétisant :

$$i_\mu = 100 \times \frac{I_\mu}{I_1} = 100 \sin \theta$$

La différence de potentiel aux bornes du primaire (fig. 3) est égale à la somme géo-

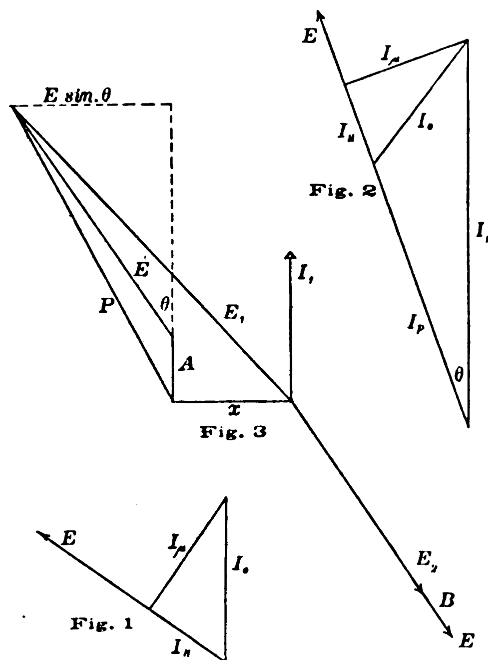


Fig. 1 à 3.

métrique de la force contre électromotrice E qui est en quadrature avec le courant magnétisant I_μ, de la perte ohmique A dans le primaire en phase avec le courant I_1 et de la chute de tension due aux fuites, laquelle est en retard d'un quart d'onde sur le même courant primaire I_1.

La tension aux bornes du secondaire, dans le cas d'un transformateur travaillant sur résistance non inductive, est égale à la différence entre la force électromotrice induite E et la perte ohmique B de même phase que E.

Appelons θ l'angle de décalage entre la force électromotrice primaire et le courant I_1. Les pertes de tension ohmique sont pratiquement de même phase que la tension aux bornes puisque le facteur de puissance est sensiblement égal à un. De plus, l'effet des fuites du transformateur sur la chute de tension sera évidemment la différence entre la tension aux bornes E_1 et la tension P qui serait nécessaire aux bornes si les fuites n'existaient pas.

Or, on a (fig. 3), en admettant que le décalage entre E et E_1 est négligeable :

$$P = \sqrt{E^2 \sin \theta + E_1^2 - (E \sin \theta + x)^2}$$
$$= \sqrt{E_1^2 - x^2 - 2\,x\,E \sin \theta}.$$

Évaluons les tensions en pour cent et rappelons-nous que $I\mu = 100 \sin \theta$, nous aurions donc pour l'effet des fuites sur la chute de tension :

$$E_1 - P = 100 - \sqrt{10\,000 - x^2 - 2\,x i_\mu},$$

où approximativement s et $i\mu$ étant petits par rapport à 10 000.

$$E_1 - P = \frac{x^2 + 2xI_\mu}{200}.$$

Si la chute de tension ohmique dans les deux enroulements est en pour cent u, la chute de tension totale en charge sera pour un transformateur travaillant sur résistances non inductives,

$$p = u + \frac{x^2 + 2xI_\mu}{200}.$$

En particulier, si nous avons :

$$u = 2 \text{ p. } 100.$$
$$x = 5 \quad »$$
$$I_\mu = 4 \quad »$$

La chute de tension totale sera :

$$2 + 5^2 + \frac{2 \times 5 \times 4}{200} = 2{,}325.$$

En appliquant la méthode graphique de M. Everest on trouve 2,28.

Transformateur pour transport de force.— La force contre électromotrice due aux fuites, laquelle était dans le cas précédent sensiblement en quadrature avec la tension aux bornes, y produisait une chute de tension égale à

$$\frac{x^2 + 2xI_\mu}{200}$$

on peut admettre maintenant qu'elle fait un angle complémentaire de φ avec cette tension; son action sera augmentée d'une quantité égale à :

$$x \sin \varphi$$

Ces φ étant le facteur de puissance du primaire qui diffère peu de celui de la charge.

On a donc d'une façon approchée pour la chute de tension en pour cent due aux fuites la valeur :

$$\frac{x^2 + 2\,xI_\mu + 200\,x \sin \varphi}{200}$$

En général si φ est assez grand, x, et $2xI_\mu$ sont négligeables devant $200\ x \sin \varphi$.

Comme l'influence de la chute ohmique du primaire et du secondaire sur la chute totale est sensiblement proportionnelle au facteur de puissance cos φ, si l'on appelle toujours u la chute ohmique totale, on voit que la chute de tension dans un transformateur fonctionnant sur résistances inductives sera :

$$p = \cos \varphi + \frac{x^2 + 2\,xi_\mu + 200\,x \sin \theta}{200},$$

et si le facteur de puissance est assez petit :

$$p = u \cos \varphi + x \sin \varphi.$$

Les formules sont moins exactes que pour le cas d'un transformateur fonctionnant sur résistances non inductives, mais donnent encore de bons résultats en pratique.

Prenons le même exemple que plus haut en admettant un facteur de puissance égal à 0,5. Nous aurons avec la première, des formules précédentes :

$$p = 2 \times 0{,}5 + \frac{5^2 + 2 \times 5 \times 4}{200} + 5 \times 0{,}866 = 5{,}65;$$

et avec la seconde :

$$p = 5{,}33.$$

J. R.

Eclissage électrique des rails des tramways de Brooklyn ;

Par R.-P. Brown et G.-E. Chapin [1].

A la suite d'essais dans les détails desquels nous ne pouvons entrer, les ingénieurs de la Compagnie des Tramways de Brooklyn ont décidé d'adopter le joint suivant, en cuivre soudé électriquement sur les rails, qui se rapproche du joint soudé Payne. Une licence fut achetée des propriétaires de ce brevet, ainsi que de la Thomson Welding Company.

On brase une pièce de cuivre de l'une des formes représentées en C (fig. 1, 2 et 3) aux

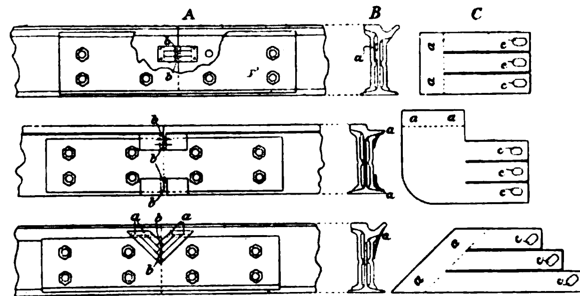


Fig. 1 à 3.

deux extrémités de chaque bout de rail ; la figure 1 représente la forme du joint placé sur l'âme du rail, sous les plaques d'éclisses ; la figure 2, le joint placé sous l'ornière et sur le patin du rail et la figure 3 le joint placé sous l'ornière du rail ; dans ces deux dernières formes qui sont maintenant les plus employées, l'éclisse électrique est au-dessus de l'éclisse mécanique. Dans tous les cas, la plaque de cuivre C est brasée sur le rail par son extrémité a ; cette brasure se fait à l'usine, avant la pose des rails, par les procédés de la soudure électrique, du zinc et un

---

[1] Extrait d'un rapport présenté à l'*Association des tramways de l'Etat de New-York*, septembre 1898.

fondant approprié étant interposés; l'extrémité libre *c* est tournée vers l'extrémité du rail et la dépasse un peu, en sorte que, lorsque les rails sont juxtaposés, les plaques C sur chaque rail se recouvrent légèrement; on les rive et on les soude en *c*, ce qui complète le joint électrique.

Chacune des plaques C est formée de 10 à 12 feuilles de cuivre malléable de 0,4 mm d'épaisseur; la partie brasée offre une surface de contact avec le rail de 6,45 cm^2 environ; la lame C a environ 4,5 cm de largeur; elle est divisée longitudinalement en trois parties pour assurer une plus grande flexibilité. La longueur du joint, entre les centres des contacts brasés est de 12,5 cm et sa section est de 177 mm^2.

Ces joints électriques ont donné toute satisfaction au point de vue mécanique et au point de vue électrique.

La méthode employée pour essayer la résistance électrique des joints est très simple; elle consiste à comparer la résistance d'une certaine longueur de rail comprenant un joint à une même longueur de rail non brisé; pour cela, on lit simplement la différence de potentiel entre les extrémités de ces deux longueurs de comparaison; l'intensité qui les traverse étant la même, les chutes de potentiel par unité de longueur sont proportionnelles aux résistances respectives.

Comme on connaît la résistance du rail continu, on peut traduire les lectures relatives en mesures absolues.

En pratique, voici comment ces mesures sont faites: les deux voltmètres du système Wetson, peuvent mesurer de 0,001 à 0,3 volt; ils sont reliés à des pointes en acier trempé dur, montées sur des blocs en bois aux distances voulues des unes des autres; le bloc de bois est muni d'un long manche et peut être fortement pressé sur le rail par le pied. Lorsque l'intensité du courant dans le rail est trop faible, pour donner des lectures exactes, on établit une dérivation entre le fil à trôlet et le rail, à travers une résistance inerte que les employés du contrôle transportent avec eux; on peut ainsi faire passer un courant de 300 ampères environ dans tous les cas.

Les résultats obtenus ont été les suivants:

TABLEAU I. — *Résistance relative de quelques joints électriques.*

CHUTE DE POTENTIEL		RAPPORT DE LA CONDUCTIBILITÉ de la voie à celle des rails continus.	
		Joint Falk.	
Dans 1 pied de rail	0,00215	Avec des rails par bouts de 9 m	98 p. 100
Dans 1 pied de joint	0,00355	» » 18 m	99 »
		Double joint brasé.	
Dans 1 pied de rail	0,00725	Avec des rails par bouts de 9 m	99,8 p. 100
Dans 1 pied de joint	0,00758	» » 18 m	99,9 »
		Joint Johnson.	
Dans 2 pieds de rail	0,00364	Avec des rails par bouts de 9 m	95,6 p. 100
Dans 6 pouces de joint	0,00342	» » 18 m	97,8 »
		Joint par plaques (abandonné).	
Dans 2 pieds de rail	0,0109	Avec des rails par bouts de 9 m	89 p. 100
Dans 6 pouces de joint	0,0233	» » 18 m	94 »

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur la dispersion anomale et le pouvoir rotatoire magnétique de certaines vapeurs incandescentes;

Par Henri BECQUEREL. [1]

« Dans une des dernières séances [2] après avoir répété une expérience remarquable faite par MM. Macaluso et Corbino, j'ai montré que le pouvoir rotatoire extraordinairement grand, reconnu par les auteurs italiens dans la vapeur de sodium, pour les radiations dont les longueurs d'onde avoisinent immédiatement celles des bandes d'absorption, devait être attribué à un phénomène de dispersion anomale et que, dans cette hypothèse, en se reportant à mes précédentes recherches [3], l'explication du nouveau phénomène était très simple.

» Il restait à mettre en évidence la dispersion anomale présumée; tel a été le but du présent travail.

» Pour manifester la dispersion anomale, j'ai eu recours à l'expérience de M. Kundt. On sait, depuis Newton, que, si l'on fait traverser par un faisceau de lumière deux prismes croisés à angle droit, le spectre oblique ainsi obtenu présente une courbure qui est la représentation de la loi de dispersion de l'un des prismes en fonction de la dispersion de l'autre. M. Kundt a montré que, si l'un des prismes croisés est formé d'une matière absorbante, solide ou liquide, le spectre présente dans le voisinage de chaque bande d'absorption une dislocation montrant que les indices de réfraction dans la substance absorbante croissent très rapidement pour des longueurs d'onde de plus en plus voisines de celle de la bande, mais plus grandes que celle-ci, tandis que les indices décroissent très rapidement pour des longueurs d'onde de plus en plus voisines, mais plus petites.

» Pour répéter l'expérience des prismes croisés avec une vapeur incandescente, il fallait d'abord réaliser un prisme avec cette vapeur.

» J'ai obtenu de très bons résultats en donnant à la flamme d'un brûleur à gaz une forme prismatique; il suffit de placer dans la flamme du brûleur une petite gouttière horizontale en platine, formée d'une lame coudée à angle droit, et dans laquelle on place la substance à volatiliser, chlorure de sodium, de lithium, etc. La flamme se divise en deux parties, comme l'indique la figure 1; à une certaine hauteur, *cd*, elle équivaut à deux prismes ayant leur arête horizontale en haut, tandis que dans le voisinage immédiat de la gouttière, en *ab*, ou au-dessous en *a'b'*, elle équivaut à un prisme dont l'arête horizontale serait en bas, et dont l'angle serait voisin de celui de la gouttière.

» Pour utiliser telle ou telle région de la flamme, on limitait le faisceau de lumière incident par un écran présentant une fente horizontale de quelques millimètres de large.

» L'expérience a été disposée de la manière suivante :

» La lumière du charbon positif d'un arc électrique a été concentrée sur une fente horizontale, placée au foyer d'un collimateur; la lumière parallèle traversait ensuite la flamme prismatique, puis une lentille, et venait former une image de la fente horizontale sur la fente verticale d'un spectroscope à réseau de Rowland.

» Dans ces conditions, si le brûleur n'est pas allumé, on observe au foyer du spectroscope une bande horizontale continue, dont la hauteur dépend de la largeur de la fente horizontale.

» Lorsqu'on introduit la flamme prisma-

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 899, séance du 5 décembre 1898.

(2) *L'Éclairage Électrique*, t. XVII, p. 334, 19 novembre 1898.

(3) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 679. *L'Eclairage Electrique*, t. XIII, p. 419, 27 novembre 1897.

tique à la suite du premier collimateur, si celle-ci est riche en vapeur de sodium, on voit apparaître les raies D_1 et D_2 sous forme de bandes sombres et larges, et en même temps le spectre est brisé, de part et d'autre de chaque bande, dans le voisinage immédiat de celles-ci. Pour des régions un peu éloignées des bandes, le spectre apparait encore sous forme d'une bande continue très légèrement inclinée.

» Lorsqu'on utilise la portion *cd* de la flamme, le spectre, dont l'image est renversée par les lentilles du spectroscope, offre l'aspect indiqué dans la figure 1 ; lorsqu'on utilise les portions *ab* ou *a'b'* de la flamme, l'aspect est inverse et la dislocation considérable, comme le montre la figure 2; cette dislocation est d'autant plus grande que l'angle de la gouttière est plus grand. La figure 2 correspond à un angle de 90°; avec un angle de 135°, les déviations verticales ont été notablement plus grandes. J'ajouterai encore que les déviations verticales sont d'autant plus grandes que la distance focale de la lentille qui concentre la lumière sur la fente verticale est très grande. La lentille avec laquelle ont été obtenues les courbes figurées plus bas avait environ 0,25 m de distance focale. Avec une lentille de 1 m de foyer j'ai obtenu des déviations verticales quatre fois plus grandes et atteignant trois fois la valeur de l'intervalle D_1D_2.

» Les déviations horizontales étant sensiblement proportionnelles aux longueurs d'onde λ et les déviations verticales proportionnelles aux excès des indices de réfraction *n* de la vapeur sur les indices de l'air, les courbes donnent la loi de la variation de l'indice en fonction de la longueur d'onde, et les tangentes donnent par leur coefficient angulaire les valeurs relatives de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$. Les spectres ont pu être photographiés, ce qui a permis de relever les courbes avec une assez grande précision. Afin d'avoir une ligne de repère pour les déviations verticales, on tendait un fil fin en travers de la fente verticale; l'image de ce fil formait un trait horizontal qui ne subissait pas la réfraction de la flamme. En outre, on avait soin de photographier les raies finales D_1 et D_2 qui fournissaient un repère précis pour les déviations horizontales.

» On a ainsi reconnu qu'en dehors des régions voisines de D_1 et de D_2 le spectre était légèrement incliné, de quelques minutes d'angle, sur la ligne des repères.

» Je publierai prochainement les relevés numériques des courbes des divers clichés que j'ai obtenus. Aujourd'hui je me bornerai à indiquer les résultats qu'un premier examen a permis d'apercevoir.

» La déformation du spectre a commencé à être appréciable à une distance de D_1 égale à 3 fois et demi environ l'intervalle des deux raies D_1 et D_2, et audelà de D_2 à 4 fois et demi environ cet intervalle.

» Pour montrer l'allure des courbes, je citerai des nombres relevés sur un cliché, mais uniquement à titre d'exemple, comptant prochainement donner des résultats plus précis. Les valeurs des coordonnées x et y sont relatives aux courbes extérieures à l'intervalle D_1D_2, car dans cet intervalle les courbes s'entrecroisent pour donner l'aspect de la figure ci-après; ce phénomène est, du reste, symétrique par rapport aux points d'intersection du spectre et de chacune des raies D_1 et D_2. Les nombres suivants sont évalués en unités arbitraires :

Distances des raies $D_1D_2 = 70$.

Distances à D_1.		Distances à D_2.	
x_1.	y_1.	x_2.	y_2.
10	30,2	10	45,3
15	22,5	15	28
20	17,5	20	21
30	11,7	30	13,8
40	8	40	9 7
50	5,2	50	7,3
60	3,5	60	5,5
70	2,5	70	5

» On voit par ces nombres que, dans une partie, les courbes affectent une allure hyperbolique.

» De part et d'autre des raies D_1 et D_2, la

vapeur de sodium présente donc une dispersion anomale très notable, différente pour chacune de ces bandes, qui manifestent ainsi une individualité propre, la valeur du coefficient angulaire des tangentes aux courbes augmente considérablement pour des longueurs d'onde de plus en plus voisines de celles des bandes. Dans le spectre du troisième ordre, du réseau, alors que la valeur de $\frac{dy}{dx}$ était environ 0,00144 pour la région jaune, cette valeur atteint pour les régions voisines des raies D_1 et D_2, où les tangentes aux courbes sont presque verticales, des valeurs environ 20 000 fois plus grandes.

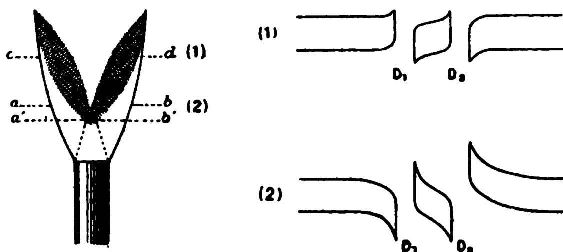


Fig. 1 et 2.

» Si l'on rapproche cette observation des faits constatés par MM. Macaluso et Corbino, dans leur expérience, on reconnaît que les régions du spectre, pour lesquelles les pouvoirs magnétiques de la vapeur de sodium sont plusieurs milliers de fois plus grands que ceux des radiations voisines, sont également les régions où les valeurs de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$ deviennent plusieurs milliers de fois plus grandes.

» Pour les longueurs d'onde qui subissent des rotations magnétiques de 45°, 90°, 180°, le premier examen des courbes montre que les coefficients angulaires des tangentes varient sensiblement dans les mêmes rapports; en outre, aux points qui correspondent à des rotations magnétiques égales, les tangentes sont sensiblement parallèles.

» Ainsi, sur la courbe dont les coordonnées sont citées plus haut, on peut relever les points correspondant aux longueurs d'onde pour lesquelles, en répétant l'expérience des auteurs italiens, j'avais obtenu des rotations magnétiques de 45° et de 90°. On trouve ainsi :

	Rotations magnétiques.	x.	y.	$\frac{\partial y}{\partial x}$.
Près de D_1	90°. . . .	13,5	23,5	1,74
	45°. . . .	20	17,5	0,87
Près de D_2	90°. . . .	15,5	27	1,74
	45°. . . .	22	19	0,86

» Il ne faudrait pas toutefois s'illusionner sur la précision de ces résultats, car pour les nombres des deux tableaux ci-dessus on pourrait faire une erreur d'une unité. J'ai cité ces nombres uniquement pour montrer tout le parti que l'on peut tirer de l'expérience présente dans l'étude expérimentale des lois de la dispersion anomale, étude que je poursuis en ce moment.

» Il semble donc bien établi, par ces rapprochements, que les valeurs de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$, ou plus exactement, comme je l'ai montré antérieurement, les valeurs de $\lambda \frac{\partial n}{\partial \lambda}$, donnent les valeurs relatives des rotations magnétiques, pour les longueurs d'onde correspondantes.

» J'ajouterai que l'expérience précédente, répétée avec la vapeur du lithium, a manifesté la dispersion anomale de part et d'autre de la bande rouge caractéristique.

» En résumé, l'expérience qui fait l'objet de la présente Note conduit aux résultats suivants :

» 1° Elle donne un moyen simple d'étudier la dispersion anomale des vapeurs incandescentes, et de mesurer la grandeur de ce phénomène dont l'importance, depuis la découverte de M. Le Roux, semble croître à mesure que les procédés d'investigation deviennent plus délicats ;

» 2° Cette expérience met en évidence le rôle fondamental de l'expression $\lambda \frac{\partial n}{\partial \lambda}$ dans le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique ; elle confirme la formule que j'ai établie antérieurement et conduit à rejeter pour l'expression de ce phénomène les formules données par divers physiciens : ces formules contiennent toutes le terme $\left(n - \lambda \frac{\partial n}{\partial \lambda}\right)$ dont les variations ne sauraient

s'accorder avec les résultats de l'expérience de MM. Macaluso et Corbino :

» 3° Elle donne l'explication complète de l'expérience des auteurs italiens en confirmant les vues émises dans la Note que j'ai publiée antérieurement. »

Sur une nouvelle action subie par la lumière traversant certaines vapeurs métalliques dans un champ magnétique ;

Par D. Macaluso et M.-O. Corbino [1]

» Dans une Communication présentée à l'Académie dans la séance du 17 octobre, nous disions en terminant :

« Nous nous réservons de continuer ces » expériences pour en étudier les particula- » rités et pour étendre ces résultats à d'autres » corps et dans des conditions variées. Dans » une publication très prochaine nous don- » nerons avec plus d'extension les détails des » expériences exécutées jusqu'ici. »

» Et de fait nous avons déjà depuis plusieurs jours communiqué les détails de ces expériences et les résultats obtenus jusqu'ici à l'Académie des *Lincei*. M. Becquerel, dans une Communication faite à l'Académie le 31 octobre, signale à nos observations certains détails du phénomène, détails qu'au contraire nous avions communiqués à la Société de physique de Turin dans sa séance du 22 septembre et desquels nous nous occupions dans la Communication faite aux *Lincei*. Nous devons relever en outre quelques observations, contenues dans notre Communication, qui ont échappé à l'illustre physicien. A la page 649 il dit :

« Un fait important, qui ne me paraît pas » avoir été signalé, est que l'écartement des » bandes autour de D_1 et D_2 est notablement » différent. Je cite à titre d'exemple, etc. »

» Et ensuite il donne quelques mesures desquelles il résulte « qu'autour de D_1 l'écartement des bandes est environ les trois » quarts de ce qu'il est autour de D_2 ». Eh bien dans notre Note nous disions :

« Pour les deux D le rapport des distances » auxquelles se produisent d'égales rotations » est à peu près égal au rapport des largeurs » des raies primitives. »

» Comme on le sait, et comme il résulte des mesures mêmes de M. Becquerel et des nôtres, le rapport de D_1 à D_2 est égal à trois quarts.

» De même, M. Becquerel pense qu'il nous a échappé qu'avec les nicols parallèles ou croisés la position des bandes ne change pas avec l'inversion du champ, tandis qu'elle change notablement quand les nicols sont à 45°.

» Or, ces faits furent observés par nous dès le commencement de notre travail et nous en avons implicitement fait mention dans notre BRÈVE Note, disant « que la rotation « des plans de polarisation se produit dans » le sens du courant magnétisant et, par con- » séquent, se renverse avec l'inversion des » champs ». Plus loin, dans sa Communication, M. Becquerel affirme que les phénomènes étudiés par nous sont la conséquence de certaines idées théoriques précédemment développées par lui et conformes aux résultats des expériences de M. Cotton sur la polarisation rotatoire magnétique de certains liquides.

» Il nous semble cependant qu'on veut opérer un rapprochement trop intime entre des expériences qui peuvent bien présenter quelques analogies, mais qui offrent aussi des différences très tranchées. De plus, dans le cas du phénomène observé par nous, suivant les hypothèses de M. Becquerel, très ingénieuses, il est vrai, mais pas toujours confirmées par l'expérience, près du bord d'une raie d'absorption d'une vapeur incandescente, comme dit l'auteur, la même expression $\lambda \frac{dn}{d\lambda}$ « doit être considérée comme deve- » nant infiniment grande ». Cela correspondrait à une très grande variation de l'indice

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 951, séance du 5 décembre 1898.

dans le voisinage de la bande. Cela ne peut se produire que de deux façons : ou la courbe qui donne les n en fonction de λ a, dans la région correspondant à la raie, un point d'inflexion, ou elle a un maximum. La première hypothèse impliquerait une diminution très rapide de n d'un côté de la raie et une augmentation très rapide aussi de l'autre côté. Cependant une diminution très grande de l'indice n dans une région quelconque est admissible, car cet indice, dans tout le spectre près des bandes d'absorption, est peu supérieur à l'unité, et il ne peut jamais avoir une valeur inférieure à l'unité.

» Suivant l'autre hypothèse, l'expression $\lambda \frac{dn}{d\lambda}$, même très grande, aurait des signes opposés des deux côtés de la bande d'absorption et très près des bords; par conséquent, suivant la théorie en question, on devrait observer une rotation magnétique des plans, inverse des deux côtés, ce qui est contredit par les résultats de nos expériences, confirmées par M. Becquerel lui-même, suivant lesquelles la rotation des deux côtés d'une raie marche dans le sens du courant magnétisant.

» Les expériences en question sont, par conséquent, bien loin de rentrer dans le champ des phénomènes à prévoir en s'appuyant sur les considérations théoriques susdites et elles ne présentent pas toutes les analogies que croit l'illustre physicien avec celles de M. Cotton [1]. »

(1) A la suite de cette communication, M. Becquerel fait observer qu'il a été un des premiers à rendre hommage à la belle expérience de MM. Macaluso et Corbino; qu'il avait interprété la phrase des auteurs italiens, relative aux raies D_1 et D_2, comme exprimant ce fait que la rotation magnétique est d'autant plus grande que les raies sont plus larges, c'est-à-dire que la matière absorbante est plus abondante dans la flamme; cette phrase, en effet, ne mentionne pas expressément la différence entre les raies D_1 et D_2; enfin il maintient l'explication qu'il a donnée du phénomène et renvoie au travail publié plus haut par les auteurs italiens qui, d'après leur réclamation, ne paraissent pas avoir une idée exacte du phénomène de la dispersion anomale.

CHRONIQUE

Sur la thermophonie par les courants alternatifs. — En 1884, Preece a utilisé pour la transmission des sons les variations périodiques de température provoquées par les courants alternatifs, soit en faisant agir directement sur une membrane les variations de longueur du fil, soit en employant les variations de volume ou de pression produits dans l'air par le changement de température.

Il est aisé de se rendre compte qu'on augmente la sensibilité de ce dispositif en superposant au courant alternatif un courant continu. Le courant variable d'intensité i dégage pendant le temps dt dans la résistance r une quantité de chaleur $i^2 r dt$: si l'amplitude du courant, supposée petite, est i_0, la plus grande variation possible de la température est déterminée par $i^2_0 r$. Si au contraire la variation $dJ = i_0 \sin 2\pi nt$ porte sur un courant continu dont l'intensité J est grande par rapport à i_0, l'amplitude maxima de la variation de température correspondra à $2J.dJ.r = 2Ji_0 r$.

Dans le premier cas l'appareil reproduira l'octave du son reçu; dans le second cas, il reproduira ce son lui-même.

Pour vérifier ces considérations, M. F. Braun (*Wied. Ann.*, t. LXV, p. 358-360, mai 1898) a fait les expériences suivantes :

1° Un réseau bolométrique dont la résistance est de 30 ohms environ est intercalé dans le circuit secondaire d'une petite bobine d'induction. Le bolomètre se trouve sous un entonnoir de verre, à l'orifice duquel on met l'oreille. Si on lance dans le circuit primaire de la bobine un courant intermittent, on n'entend ni bruit, ni bourdonnement. Mais dès qu'on envoie dans le secondaire un courant constant, indépendant du courant primaire, le bolomètre fait entendre le même bruit qu'un téléphone; si on augmente l'intensité du courant constant, le son perçu augmente aussi d'intensité. Si on remplace l'interrupteur de la bobine par un microphone,

le bolomètre ne reproduit pas les mots parlés dans le microphone.

2° Le bolomètre est placé dans un circuit qui comprend un microphone et deux ou quatre accumulateurs. Les mots parlés dans le microphone se reproduisent nettement dans le bolomètre ; l'intensité du courant est de 0,1 à 0,2 ampère.

La présence d'une force électromotrice constante augmente donc considérablement la sensibilité du thermophone et ce n'est pas seulement un moyen commode de produire les courants intermittents nécessaires à la transmission. M. L.

Pile étalon au cadmium, de Weston. — Dans un mémoire intitulé : « *Etudes physico-chimiques sur la pile étalon au cadmium de Weston* » publié dans les *Wiedmann's Annalen* de mai dernier (t. LXV, p. 344-357), MM. Ph. Kohnstamm et E. Cohen nous fournissent sur cette pile les renseignements suivants :

La force électromotrice de l'élément Weston (élément Clark dans lequel le cadmium remplace le zinc) a un coefficient de température très faible, ce qui lui donne l'avantage sur l'élément Clark. Cependant MM. Jæger et Wachsmuth, qui en ont fait une étude soignée (*Ecl. Elect.*, t. XI, p. 88), ont remarqué que certains éléments entre 0° et 15° présentent une force électromotrice supérieure de 0,001 volt environ à celle des autres ; cette anomalie disparaît quand l'élément est ramené à une température supérieure à 15°. Ces anomalies sont dues selon toute vraisemblance à une transformation du sulfate de cadmium, transformation que MM. Kohnstamm et Cohen se sont proposé de mettre en évidence.

En premier lieu ils ont cherché le degré d'hydratation du sulfate de cadmium cristallisé, sur lequel il régnait encore une grande incertitude, malgré un grand nombre de déterminations. D'accord avec un certain nombre de leurs devanciers, ils trouvent pour la formule du sulfate de cadmium cristallisé $3CdSO^4, 8H^2O$.

Ensuite ils ont déterminé la solubilité du sel dans l'eau : leurs résultats concordent avec ceux de Mylius et Frunk, mais diffèrent notablement de ceux d'Etard. La courbe de solubilité présente vers 15° un point anguleux correspondant à une variation brusque du coefficient de solubilité.

L'étude de l'élément Hg — Hg^2SO^4 — $CdSO^4$ étendu — $CdSO^4$ saturé — Hg^2SO^4 — Hg décèle également une transformation du sel aux environs de 15° ; l'élément ainsi composé, quand il a été porté à une température supérieure à 15°, a changé de force électromotrice ; celle-ci revient lentement à sa valeur primitive quand on maintient ensuite à une température plus basse.

Les expériences dilatométriques accusent également la transformation du sel vers la température de 15°.

Par conséquent, si on veut employer l'élément Weston comme étalon, il ne faut donc jamais l'utiliser qu'au-dessus de 15°. M. L.

Sur la résistance intérieure des piles-étalons. — La résistance intérieure d'un élément de pile-étalon n'a qu'une importance secondaire ; cependant elle peut intervenir dans certaines mesures, comme par exemple dans l'étalonnage d'un galvanomètre, placé en série dans le circuit de l'élément avec une résistance convenablement choisie. Ce procédé suppose que la résistance de l'élément est négligeable vis-à-vis de la résistance principale.

M. J. Klemencic a déterminé (*Wied. Ann.*, t. LXV, p. 917-920, juillet 1898) la résistance des éléments Latimer Clark de formes diverses. La résistance des modèles anglais, avec des tubes de 2 cm de diamètre, varie entre 80 et 100 ohms : si les tubes sont plus larges, cette résistance peut descendre à 30 ou 40 ohms et même à 19. Un élément du modèle de la Reichsanstaldt présente à 20°,8 une résistance de 8620 ou 8350 ohms (suivant la méthode de mesure) et à 11° une résistance de 30 800 — 29 300 ohms.

Cette résistance est non seulement très grande, mais de plus elle varie avec la température d'une manière tout à fait anormale. Le phénomène provient, ainsi qu'on l'a reconnu à la Reichsanstalt, des bulles de gaz adhérentes aux cristaux de sulfate de zinc : on l'élimine en chauffant l'élément.

Le modèle anglais est supérieur au modèle en H, en ce qui concerne la résistance, mais il est moins facile à reproduire exactement. En général, cette résistance des piles-étalons ne paraît pas être constante pour une température donnée ; peut-être la variation n'est-elle pas due seulement à l'action de la température sur la dissolution du sulfate de zinc ; de toutes façons, il y a avantage à rendre la résistance aussi faible que possible. M. L.

Viscosité des liquides dans un champ électrique constant. — Cette question a été étudiée par divers

expérimentateurs, en particulier par M. Quincke.

M. W. Schaufelberger expose dans une Note publiée par les *Wiedemann's Annalen* (t. LXV, p. 636-640, juin 1898) les raisons qui le portent à penser que les résultats obtenus par M. Quincke peuvent s'expliquer par l'hystérésis diélectrique.

M. Quincke trouve que l'amortissement des oscillations d'une sphère diélectrique oscillant dans un liquide isolant est plus grand quand le liquide se trouve dans un champ électrique : il en conclut que l'action du champ augmente la viscosité du liquide. Par contre, W. König n'a pu constater aucune augmentation de la viscosité mesurée par l'écoulement à l'orifice des tubes capillaires.

Il se présente donc une contradiction qu'on peut écarter en interprétant autrement les expériences de Quincke.

Lorsqu'on charge le condensateur, la sphère placée entre les armatures se polarise ; chaque hémisphère prend une charge de même signe que la charge de l'armature qui lui fait face, ou de signe contraire, suivant que le pouvoir inducteur est plus petit ou plus grand que le pouvoir inducteur du milieu ambiant. Il en résulte que le champ cesse d'être uniforme et que l'état de polarisation du liquide entourant la sphère change.

Si la sphère se déplace d'un mouvement périodique dans l'intérieur du liquide, l'état de polarisation de celui-ci subit des variations également périodiques. Comme ces changements de polarisation absorbent de l'énergie, des forces électriques doivent nécessairement prendre naissance, qui, d'une part, font obstacle aux mouvements de la sphère et, d'autre part, mettent le liquide en mouvement. Si le liquide n'est pas un diélectrique parfait, il se produit des courants de conduction, qui entraînent aussi une consommation d'énergie et par suite un amortissement des oscillations.

M. Schaufelberger a étudié, dans des recherches qui vont être publiées, l'amortissement des oscillations d'un ellipsoïde de révolution en ébonite dans un champ électrique : les nombres qu'il a trouvés sont du même ordre de grandeur que les nombres donnés par M. Quincke pour les liquides. Il est donc naturel d'attribuer l'amortissement à l'hystérésis diélectrique aussi bien pour les solides que pour les liquides.

Le champ produit par la sphère dépend de la différence $D_s - D_l$ entre le pouvoir inducteur D_s de la sphère et le pouvoir inducteur D_l du liquide. Si ce champ influe sur l'amortissement, la grandeur de $D_s - D_l$ doit influer sur la valeur de la différence $\lambda - \lambda_0$, entre les décréments des oscillations λ dans le champ, λ_0 dans un champ nul.

En comparant les valeurs de $\lambda - \lambda_0$ données par Quincke aux valeurs $D_s - D_l$ (ces dernières ne sont pas indiquées par Quincke, qui donne seulement D_l, mais si on prend pour D_s les valeurs usuelles pour les substances employées), on ne trouve pas de proportionnalité entre les deux groupes de nombres : ce qui est dû vraisemblablement à diverses causes perturbatrices signalées par Quincke lui-même. Cependant, aux plus grandes valeurs de $D_s - D_l$ correspondent toujours les plus grandes valeurs de $\lambda - \lambda_0$.

Les résultats de Quincke signifieraient donc que les liquides qu'il a étudiés (éther, sulfure de carbone, térébenthine) présentent ou de l'hystérésis diélectrique, ou une certaine conductibilité, peut-être les deux à la fois. M. L.

Eléments magnétiques à Potsdam pour l'année 1897. — Dans une Note publiée dans les *Wiedemann's Annalen* (t. LXV, p. 951-952), M. Eschenhagen donne le tableau suivant, calculé d'après les indications horaires d'appareils enregistreurs photographiques, des valeurs moyennes des éléments magnétiques terrestres à Potsdam pendant l'année 1897 :

Élément.	Valeurs pour 1897.	Variation relativement à 1896.
Déclinaison.	10°9,7' O.	— 4,6'
Intensité de la composante horizontale.	0,18775 C. G. S.	+ 0,00028
Intensité de la composante verticale .	0,43398 C. G. S.	+ 0 00 006
Inclinaison	66°36,3' N.	— 2,1'
Intensité totale. . .	0,47286 C. G. S.	+ 0,00007

Les appareils n'ont subi aucun changement, de sorte que ces valeurs sont immédiatement comparables avec celles de l'année précédente. Des données certaines sur la variation séculaire ne peuvent être déduites que des moyennes d'un grand nombre d'années.

Des perturbations magnétiques de longue durée et de grande amplitude se sont produites le 2 janvier, les 2, 20 et 23 avril, les 11, 20 et 21 décembre.

Le nombre des heures pendant lesquelles se sont produites des perturbations, en y comprenant celles de faible amplitude, est de 425 pour la déclinaison, de 922 pour la composante horizontale,

de 346 pour la composante verticale : ce nombre est notablement inférieur à celui de l'année précédente.

De très petites oscillations (ondes élémentaires) ont été fréquemment constatées et dans beaucoup de cas ont pu être enregistrées sur un appareil spécial très délicat.

Les travaux pour le lever de la carte magnétique ont été exécutés dans 32 stations, situées dans une rayon de 40 km autour de Potsdam.

L'observatoire est menacé d'être troublé dans ses travaux par le nombre croissant de chemins de fer électriques avec câble aérien et retour par les rails ou par la terre. Des expériences seront entreprises prochainement pour déterminer jusqu'à quelle distance l'action d'un pareil chemin de fer se fait sentir. Provisoirement l'observatoire proteste contre la construction de tout chemin de fer de ce genre dans une zone de 15 km de rayon. M. L.

Le spectre de l'aluminium. — Dans de récentes recherches dont les résultats ont été communiqués à l'Académie des sciences dans la séance du 28 novembre, M. A. de Gramont a constaté dans les spectres d'étincelles de certains corps simples (aluminium, tellure, selinium) l'absence de plusieurs raies d'intensité notable données généralement comme appartenant à ces corps.

Pour l'aluminium, M. de Gramont attribue les divergences entre ses résultats d'observation et ceux des autres expérimentateurs à ce que le perfectionnement des procédés électrochimiques a permis de préparer un aluminium de plus en plus pur. Aussi ses résultats fournissent-ils un moyen simple de contrôler la pureté de ce métal et en particulier l'absence de silicium.

Il a, en effet, reconnu qu'avec des lames d'aluminium dont la fabrication remonte à une vingtaine d'années on observe quatre raies, deux dans le rouge et deux dans le vert, qu'on ne retrouve pas dans le spectre de l'aluminium de fabrication récente. Ces quatre raies, dont trois sont attribuées à l'aluminium dans les ouvrages classiques, d'après les observations de Thalen, appartiennent en réalité au silicium. Suivant M. de Gramont, si Thalen n'a pas attribué à l'aluminium la quatrième de ces raies, bien qu'il ait dû l'apercevoir, c'est qu'elle se confond presque avec une raie de l'air et que Thalen l'a attribuée à ce gaz. C'est, en effet, ce qui parait bien résulter de la comparaison des longueurs d'onde données dans le tableau suivant des trois raies attribuées par Thalen à l'aluminium, d'une des raies de l'air et des quatre raies du silicium :

Aluminium (?). (Thalen)	Air. (Thalen.)	Silicium. (A. de Gramont.)
637,13	»	636,97
634,48	»	634,22
505,66	»	506
»	504,51	504,55

M. de Gramont signale une autre raie ($\lambda = 464,52$) que, d'après les observations de MM. Hartley et Adeney, plusieurs ouvrages attribuent aussi à l'aluminium. Cette raie n'appartient pas à ce métal, comme d'ailleurs MM. Hartley et Adeney l'ont eux-mêmes indiqué dans leur mémoire original où il est dit qu'elle est due au fer ou à d'autres impuretés; M. de Gramont la croit simplement due à l'air.

Interrupteur rotatif rapide de Guilloz pour bobines de Ruhmkorff. — Dans la séance du 16 décembre de la Société de physique, M. Broca donnait la description suivante d'un trembleur rotatif très rapide imaginé par le Dr Guilloz, de Nancy :

L'extrémité de l'axe d'un petit moteur électrique faisant 2000 à 2200 tours par minute porte un disque de cuivre isolé de l'axe par un cylindre d'ébonite, qui lui est concentrique. Un balai sert de prise de courant en frottant sur un anneau de cuivre brasé concentriquement sur le disque du côté de la dynamo.

L'autre face du disque porte une tige coudée, sorte de vilebrequin, dont l'autre extrémité tourne dans un pivot fixe. Les sommets de cette tige coudée, projetés sur le disque, déterminent les sommets d'un polygone régulier centré sur l'axe de la dynamo. Ces sommets servent de tête à des bielles de cuivre articulées, dont la dernière vient, quand elle est au bas de sa course, plonger dans du mercure servant de seconde prise au courant et recouvert d'une couche d'eau. Les tiges tricotent donc avec la même différence de phase.

En donnant un grand rayon au bras du vilebrequin, ce qui est mécaniquement facile, malgré la grande vitesse; en choisissant convenablement la largeur des bielles, on arrive à restreindre la durée du contact.

Dans le trembleur composé de trois tiges, que M. Guilloz utilise depuis deux ans, la course maximum est de 5 cm; il y a 100 interruptions à la seconde et une durée de contact qui peut être réduite à moins de $\frac{1}{750}$ de seconde.

L'autre axe de la dynamo peut porter le même système décalé de 90°, ce qui double le nombre des interruptions.

Enfin la robustesse de ce trembleur montre que, pratiquement, on pourrait augmenter encore le nombre des tiges et la longueur des bras du vilebrequin.

Emploi de l'acétylène dans les moteurs à gaz. — Nous avons signalé antérieurement les essais faits par M. Ravel (*Écl. Élect.*, t. IX, p. 526, 12 décembre 1896), et par M. Cuinat (*Écl. Élect.*, t. XII, p. 140, 10 juillet 1897), en vue d'utiliser l'acétylène mélangé d'air pour actionner les moteurs à gaz. Des essais ont été effectués dans le même but par M. F. Grover, de Leeds; mais tandis que M. Ravel et M. Cuinat opéraient sur des moteurs à gaz et cherchaient directement dans quelles proportions devaient être mélangés l'air et l'acétylène pour que le fonctionnement de ces moteurs soit régulier et économique, M. Grover s'est uniquement occupé de mesurer les pressions développées par l'explosion de mélanges en proportions diverses et sous différentes pressions. Bien qu'en quelque sorte préliminaires ces essais n'en sont pas moins intéressants ; en voici le résumé d'après *Engineering* du 9 décembre :

Le matériel des essais consiste en un générateur d'acétylène et une chambre d'explosion en fonte dans laquelle on faisait exploser, au moyen d'une étincelle électrique, les mélanges d'air et d'acétylène. La pression produite par l'explosion était mesurée à l'aide d'un indicateur enregistreur Crosby. La vitesse de rotation du cylindre d'enregistrement était évaluée au moyen d'un dispositif ingénieux : une montre avec aiguille à secondes centrale était placée sur un plateau dont l'axe portait une petite poulie ; un fil passant sur cette poulie reliait cet axe à celui du cylindre d'enregistrement, de telle sorte que le mouvement du cylindre produise un mouvement de la montre, inverse du mouvement des aiguilles ; on modifiait la vitesse du cylindre jusqu'à ce que l'aiguille, sollicitée par ces deux mouvements inverses, reste immobile dans l'espace; la vitesse de rotation du support de la montre se trouvait alors connue, et pour en déduire celle du cylindre d'enregistrement il suffisait de mesurer le rapport des rayons des poulies sur lesquelles passait le fil d'accouplement.

Une première série d'expériences a été faite avec des mélanges à la pression atmosphérique. Pour que l'explosion se produise dans ces conditions, il faut qu'il y ait au plus 18 volumes d'air pour 1 d'acétylène. Les pressions obtenues avec des mélanges faits dans cette proportion sont environ trois fois aussi grandes que celles que donnent des mélanges d'air et de gaz de houille dans la même proportion ; la vitesse d'inflammation est aussi beaucoup plus rapide avec les premiers qu'avec les seconds. Avec un mélange de 7 volumes d'air et 1 d'acétylène, la pression atteint 7,78 kg par cm².

Dans une seconde série, les mélanges étaient préalablement comprimés à deux atmosphères. Dans ce cas, le maximum de pression est donné par un mélange de 11 volumes d'air pour 1 d'acétylène ; cette pression maximum est de 13,80 kg par cm².

Une dernière série d'expériences a été faite sur des mélanges dont la compression était de 3 atmosphères. Un mélange de 11 volumes d'air pour 1 volume d'acétylène donnait dans ces conditions une pression de 24.5 kg par cm² ; il est probable que des mélanges plus riches en acétylène eussent donné des pressions plus élevées, mais l'auteur, craignant que son appareil ne supportât pas ces pressions, ne put le constater. Avec cette compression initiale à 3 atmosphères, un mélange contenant 30 volumes d'air pour 1 d'acétylène pouvait faire explosion ; la pression produite était alors de 12,6 kg : cm².

De l'étude des diagrammes relevés, M. Grover conclut qu'au point de vue thermodynamique l'acétylène est plus avantageux que le gaz de houille pour l'alimentation des moteurs, mais qu'au point de vue pécuniaire l'avantage reste au gaz de houille; le cheval-heure produit par un moteur à acétylène reviendrait, en effet, à environ 28 centimes au prix actuel de vente du carbure de calcium.

La traction électrique sur le prolongement du chemin de fer d'Orléans dans Paris. — Comme nos lecteurs le savent la Compagnie du chemin de fer d'Orléans exécute actuellement d'importants travaux en vue de prolonger sa ligne principale jusqu'à la nouvelle gare que l'on construit, au quai d'Orsay, sur l'emplacement de la Cour des comptes. Ce prolongement, long de 3 700 m, sera souterrain sur 3 100 m. Diverses raisons ont amené la Compagnie à employer la traction électrique sur ce prolongement; ces raisons et les dispositions générales de l'installation ont été exposées dans la

livraison de novembre de la *Revue générale des chemins de fer :*

Choix de la traction. — La grande fréquentation de la ligne et surtout le séjour prolongé des machines dans la gare terminus interdisaient l'emploi de locomotives ordinaires sans précautions spéciales. La Compagnie a reconnu de suite la difficulté d'assurer la ventilation de la gare du quai d'Orsay par les procédés connus, même au prix d'une grosse dépense d'établissement et d'exploitation : d'où l'obligation de remorquer les trains avec des locomotives sans fumée.

Le changement de machine à la gare d'Austerlitz, dans les deux sens, ne présente pas d'ailleurs les inconvénients qu'on serait tenté de lui attribuer. Et d'abord presque tous les trains doivent s'arrêter à Austerlitz, parce que cette gare assurera seule le service de la poste et des messageries, et parce qu'elle desservira environ un tiers de Paris. Or, cet arrêt, en raison même de l'importance du trafic, ne pourra être inférieur à deux minutes, et ce temps est suffisant pour un changement de machines avec des voies bien disposées ; l'emploi de machines spéciales sur le prolongement ne retardera donc pas les trains. Il va de soi que certains trains de luxe pourront être admis sur le prolongement avec leurs machines ordinaires, sans arrêt à Austerlitz, parce qu'ils ne suffiront pas à vicier l'air du souterrain et de la gare.

D'autre part, si les trains avaient été remorqués jusqu'au quai d'Orsay par les locomotives ordinaires, celles-ci auraient dû fréquemment parcourir le prolongement haut le pied pour venir du dépôt ou y rentrer. On a calculé que l'augmentation du nombre de marches qui en serait résultée aurait atteint 58 p. 100. L'emploi de locomotives sans fumée, pouvant stationner indéfiniment au quai d'Orsay, présente donc de ce chef un avantage très important, étant donné que la circulation sur ce tronc à deux voies prendra sans doute dans l'avenir un développement considérable.

Enfin, indépendamment de toute considération de traction, la Compagnie était amenée à créer une grande usine électrique (750 kilowatts) pour achever la suppression de l'éclairage au gaz dans ses gares actuelles d'Austerlitz et d'Ivry et pour alimenter l'éclairage électrique et les petits moteurs du prolongement. Il était donc naturel qu'on étudiât l'extension de cette installation pour lui faire assurer la traction des trains jusqu'au quai d'Orsay.

Dans ce but la Compagnie envoya aux États-Unis un groupe d'ingénieurs avec mission de vérifier si la traction électrique des trains lourds qui y est pratiquée présente des garanties suffisantes de bon fonctionnement, et de se rendre compte de ce qu'elle coûte.

Les résultats de ce voyage d'études indiquent nettement que la traction électrique des trains lourds n'exige aucune disposition qui n'ait déjà été largement sanctionnée par la pratique américaine : on peut donc l'adopter sans crainte d'insuccès ni même de tâtonnement. Quant à son prix, il dépend dans chaque cas des circonstances locales. Si l'usine génératrice peut être composée de grosses unités et si les divers services à alimenter assurent une production suffisamment régulière, la traction électrique à petite distance peut devenir plus économique que la traction par locomotives ordinaires. Dans le cas particulier de la ligne de quai d'Orsay, la Compagnie d'Orléans estime que la traction électrique ne coûtera pas plus que la traction par des locomotives à vapeur semblables à celles qu'elle emploie sur la ligne de Sceaux.

Le mode de traction étant ainsi arrêté, il restait à déterminer sous quelle forme serait produit et distribué le courant électrique. Sans doute la traction sur les 4 km du prolongement aurait été alimentée directement en courant continu à 5 ou 600 volts, si l'usine eût pu être placée à proximité de la section. Mais à l'emplacement qui s'imposait à la Compagnie, à plus de 5 km du quai d'Orsay, il devenait plus économique de produire du courant à haute tension et de le transformer dans des sous-stations. Le courant triphasé a été préféré parce qu'il peut être employé directement à tous les usages, parce qu'il donne le minimum de poids de conducteurs, parce qu'enfin il permet d'atteindre économiquement des points très éloignés.

En choisissant pour l'usine un emplacement très largement extensible et en adoptant une distribution à haute tension, la Compagnie s'est donc réservé la possibilité de rattacher plus tard à l'usine d'Ivry d'autres applications. Telles sont les considérations qui ont guidé la Compagnie dans l'établissement de son projet, qui vient d'être approuvé par décision ministérielle du 4 août 1898 et dont les dispositions peuvent se résumer ainsi qu'il suit :

Étendue et système de la distribution d'énergie électrique. — La distribution d'énergie électrique alimentera non seulement la traction des trains entre les gares d'Austerlitz et du quai d'Orsay (150 trains par jour environ, pleins ou vides) mais

aussi l'éclairage, la manœuvre des pompes d'épuisement et d'alimentation et des nombreux petits moteurs (ascenseurs, cabestans, chariots, etc.) des installations de la Compagnie, entre les fortifications et le quai d'Orsay, sur un développement de 6 km.

L'énergie sera produite sous forme de courant triphasé à 5 500 volts et 25 périodes par seconde par une usine unique située dans la gare des marchandises d'Ivry, près du pont de Tolbiac, à 5 300 m du terminus du quai d'Orsay. Le courant primaire ne sera utilisé directement, avec ou sans réduction de tension, que dans quelques moteurs fixes à marche régulière, comme ceux des pompes. Les locomotives électriques, les petits moteurs à marche intermittente et l'éclairage, qui comprendra principalement des arcs en vases clos, seront alimentés en courant continu obtenu par la transformation du courant triphasé. Le courant continu de la traction et des petits moteurs sera produit à 550 volts dans deux sous-stations de transformation établies l'une au quai d'Orsay et l'autre à Austerlitz. Le circuit de l'éclairage, à 500 volts divisés en quatre ponts par des égalisatrices, sera entièrement distinct de celui de la traction : les appareils de transformation qui l'alimenteront seront placés dans les deux sous-stations du quai d'Orsay et d'Austerlitz et dans l'usine génératrice. Chacune des deux sous-stations possédera en outre une puissante batterie d'accumulateurs montée normalement en dérivation sur le circuit de traction, mais pouvant aussi alimenter le circuit d'éclairage.

Usine génératrice d'Ivry. — L'usine d'Ivry comprendra deux groupes électrogènes de 1 000 kilowatts donnant du courant triphasé à 5 500 volts à la fréquence de 25 périodes par seconde.

Le bâtiment de l'usine sera construit immédiatement en vue de l'addition d'un troisième groupe.

Sous-stations. — 1° *Circuit de traction à* 550 *volts.* — Le courant continu de traction à 550 volts sera obtenu par des convertisseurs rotatifs qui recevront le courant triphasé après abaissement de 5 500 volts à 550 par des transformateurs fixes. Chacune des deux sous-stations possédera deux convertisseurs de 250 kilowatts à 500 tours par minute. La caractéristique de ces appareils sera établie de telle façon que les accumulateurs montés en dérivation fournissent le supplément de puissance absorbée par les trains pendant la courte période du démarrage.

2° *Circuit d'éclairage.* — Ce circuit sera alimenté à 500 volts par six transformateurs rotatifs de 100 kilowatts, chacun répartis par deux entre les deux sous-stations et l'usine d'Ivry. Ces transformateurs seront formés de l'accouplement sur le même arbre d'un moteur triphasé *synchrone* sous 5 500 volts, et d'une dynamo à courant continu à 500 volts. L'emploi de ces moteurs synchrones affranchira complètement l'éclairage des variations brusques que subira le circuit de traction.

Presque tous les arcs et beaucoup de lampes à incandescence seront groupés en série sous 500 volts : aussi la division du courant en quatre ponts n'exige-t-elle qu'une faible puissance, à savoir deux égalisatrices de 20 kilowatts dans les trois stations de transformation.

3° *Accumulateurs.* — Chacune des deux batteries d'accumulateurs aura la capacité de 1 100 ampères-heure, pour la décharge en une heure. Elles pourvoiront aux à-coups de la traction, elles régulariseront la marche de l'usine ; enfin, en cas d'interruption du courant primaire, elles pourront assurer l'éclairage pendant plusieurs heures.

Conducteurs. — La distribution primaire sera faite au moyen de câbles à trois fils fortement isolés et armés, enterrés dans le sol ou placés dans des caniveaux en maçonnerie. Le courant secondaire de traction sera distribué le long des voies par un troisième rail isolé au moyen de blocs de bois parafiné, posés sur les traverses. Le retour du courant se fera par les rails mêmes de la voie. Le troisième rail sera placé latéralement à la voie, vers l'extérieur. Toutefois dans la traversée des appareils de voie, on devra le placer de l'autre côté de la voie, soit même dans l'axe de la voie : aussi les locomotives seront-elles munies de trois frotteurs à l'avant et de trois à l'arrière. Elles porteront en outre deux archets pour capter le courant par fils aériens, la Compagnie prévoyant l'emploi de ces fils au-dessus du faisceau de l'entrée en gare du quai d'Orsay et sur certaines voies de manœuvre.

Locomotives électriques. — Les locomotives, au nombre de huit, seront à quatre essieux, tous moteurs, avec la forme générale de la locomotive américaine d'Hoboken, qui dérive de son aînée la locomotive de Baltimore. Le moteur de chaque essieu sera constitué par une dynamo-série entrainant l'essieu par un engrenage simple, suivant la disposition ordinaire des tramways. La mise en marche sera commandée par un régulateur série-parallèle à soufflage magnétique.

Chaque locomotive aura une puissance normale de 500 kilowatts; elle pèsera sans surcharge 40 tonnes et, avec surcharge de 45 à 46 tonnes, poids adhérent nécessaire pour remorquer un train de 250 tonnes (machine comprise) du quai d'Orsay à Austerlitz en 7 minutes, sans arrêt intermédiaire, et pour démarrer un train de 350 tonnes sur la rampe maxima de 11 millièmes.

Consommations et dépenses. — L'éclairage et les petits moteurs, des fortifications au quai d'Orsay, absorberont annuellement 1 720 000 kilowatts-heure, avec une puissance maxima de 500 kilowatts. On prévoit que la traction absorbera annuellement 1 420 000 kilowatts-heure quand la circulation des trains aura pris son développement normal (150 trains par jour, pleins ou vides).

Dans le trajet du quai d'Orsay à Austerlitz et inversement, en 7 minutes, sans arrêt intermédiaire, la consommation d'énergie comptée sur la machine et évaluée à 27 watts-heure par tonne-km (machine comprise) absorbera 650 kilowatts-heure au démarrage et 250 kilowatts-heure en pleine marche.

La dépense d'établissement de l'usine, du circuit primaire, des sous-stations et du circuit secondaire de traction, ainsi que la fourniture des huit locomotives est évaluée à 3 058 000 fr.

Toute l'installation sera prête à fonctionner à la fin de 1899.

Sur l'arc électrique enfermé. — M. F. Lori a fait l'étude des relations qui lient la longueur, la force électromotrice et l'intensité du courant d'un arc voltaïque obtenu avec force électromotrice constante et en vase clos (*L'Elettricista*, t. VII, p. 241, novembre 1898). Le milieu ambiant était un mélange d'azote et d'oxyde de carbone tel qu'on l'obtient en enfermant l'arc dans un vase plein d'air, par combustion partielle du carbone. Après avoir remarqué que les caractères de l'arc dépendent de la forme et des dimensions du récipient, lesquelles influent sur les phénomènes acoustiques produits, M. Lori a employé comme récipient un vase cylindrique ayant environ 7 cm de diamètre et 20 cm de hauteur. Cette forme se rapproche de celle que l'on donne industriellement à l'enveloppe des arcs électriques.

L'arc obtenu est assez tranquille, mais pas complètement, car il est impossible d'éviter le faible sifflement qui accompagne généralement la production de l'arc enfermé.

La méthode employée est la même que celle de Mme H. Ayrton (*L'Éclairage Électrique*, t. IX), et l'auteur, en reprenant les expériences faites par celle-ci sur l'arc libre, a obtenu des résultats conformes.

La relation entre la différence de potentiel et la longueur de l'arc pour une intensité déterminée du courant peut être représentée avec une exactitude suffisante par une ligne droite. Les droites ont été tracées pour différentes valeurs de l'intensité, ainsi que les hyperboles qui représentent assez bien le coefficient angulaire et l'ordonnée à l'origine des droites précitées en fonction de l'intensité.

Enfin pour faire la comparaison de l'arc libre et de l'arc enfermé, l'auteur a représenté, sur un même diagramme, les droites correspondantes pour les deux sortes d'arcs aux différentes intensités. Il déduit de là les remarques suivantes :

Avec l'arc enfermé on peut obtenir une plus grande variété de potentiel qu'avec l'arc libre. L'augmentation de potentiel correspondant à une augmentation donnée de la longueur de l'arc enfermé est généralement supérieure à celle de l'arc libre.

Pour les faibles courants, le potentiel de l'arc enfermé est notablement supérieur à celui de l'arc libre; pour les forts courants, il n'est que faiblement inférieur.

Cette étude de M. Lori était précédée de quelques indications pour mettre en évidence les oscillations du courant lors de la production de phénomènes acoustiques dans l'arc. Ces indications ont été déjà données par M. Simon, il y a quelque temps (*L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 69). G.

Sur la réduction des minerais de fer au four électrique. — D'après *L'Industrie électro-chimique*, le capitaine Stazzano expérimente actuellement, dans les usines de la Société électrique anglo-romaine, un four électrique de son invention en vue du traitement des minerais de fer. Le four d'essai, haut de 3 m, contient deux électrodes; il a la forme ordinaire des hauts fourneaux et est construit en briques réfractaires sauf au voisinage des électrodes où l'on met des briques de charbon de cornue. Il est alimenté par des agglomérés, de forme sphérique de minerai et de charbon.

Dans un des derniers essais la production a été de 30 kg de métal en une heure, avec une intensité de courant de 1 800 ampères sous 50 volts.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XVII. Samedi 31 Décembre 1898 6e Année. — N° 53.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE D'ÉLECTRICITÉ

ACCUMULATEURS POUR AUTOMOBILES ÉLECTRIQUES

DE LA SOCIÉTÉ ANONYME POUR LE TRAVAIL ÉLECTRIQUE DES MÉTAUX

L'accumulateur construit par la Société pour le travail électrique des métaux, qui fait l'objet de cet article, a été étudié spécialement en vue de l'application de la voiture automobile électrique au service des fiacres.

Le but que s'est proposé la Société était d'obtenir avec un élément d'un poids relativement restreint une capacité suffisamment élevée, tout en conservant aux électrodes, en particulier aux électrodes positives, une solidité qui leur assurât une durée assez grande pour que l'entretien des éléments soit possible dans des conditions économiques malgré les régimes élevés et variables et les efforts mécaniques qu'ils ont à subir pendant leur fonctionnement.

Il ne s'agit donc pas d'un accumulateur extra-léger, mais d'un accumulateur véritablement industriel.

Les électrodes négatives de ces éléments sont d'un système dérivé du genre Faure. Comme toutes celles que construit la Société pour le travail électrique des métaux, elles sont constituées au moyen de plaques comportant un quadrillage en plomb servant de conducteur et de support à du plomb spongieux provenant de la réduction de chlorure de plomb fondu et coulé en pastilles. Les dimensions relatives des parties actives et de leur support ont été déterminées de façon à obtenir une capacité spécifique très élevée.

Les électrodes positives, au contraire, appartiennent au genre Planté. Les plaques qui les constituent sont composées de bandelettes de plomb gaufré superposées et réunies entre elles par des procédés spéciaux. Le profil de ces bandelettes a été établi après des essais comparatifs prolongés en vue d'obtenir pour les plaques une surface active très développée, une circulation très facile de l'électrolyte et d'éviter toute déformation gênante au cours de la peroxydation progressive du métal dont elle sont formées.

Les dispositions spéciales adoptées ont de plus l'avantage d'assurer à ces plaques, d'un bout à l'autre de leur vie, une capacité d'une constance remarquable et un rendement très élevé.

Les capacités des éléments montés au moyen de ces plaques négatives et positives,

par kilogramme d'électrodes, sont les suivantes :

Régime de décharge.	Énergie spécifique correspondante.
2 watts	28 watts-heures.
3 »	26,5 »
4 »	25 »
6 »	22,5 »
8 »	20,5 »
10 »	19 »

Des éléments de ce genre sont actuellement employés par les voitures de place électriques d'une importante compagnie de transports.

Ils se composent d'un bac d'ébonite contenant 13 plaques, 7 négatives et 6 positives, ayant 110 mm de largeur sur 210 de hauteur. Ces plaques reposent sur un tasseau en ébonite approprié et sont séparées les unes des autres par des plaques ondulées et perforées également en ébonite.

Les queues des plaques formant chaque électrode sont réunies par des soudures à une barrette en plomb d'où émergent des tiges qui traversent le couvercle du bac et sur lesquelles sont soudées les connexions d'éléments à éléments.

Tableau I. — *Dimensions et poids des éléments.*

Nombre.	de plaques négatives. . .	7
	de plaques positives. . .	6
Récipient (Encombrement).	Longueur extérieure. cm.	17
	Largeur extérieure. . »	12,5
	Hauteur extérieure. . »	28
Plaques.	Largeur. . . . . . . »	11
	Hauteur. . . . . . . »	21
	Surface (2 faces) . . dcm².	4,62
	Surface positive totale d'un élément. »	27,72
Poids.	6 plaques positives . . . kg.	8,4
	7 plaques négatives. extrêmes . . . » / intermédiaires »	3,57
	Plaques d'un élément . . »	12
	Plaques, connexions, liquide et récipient . . . »	17
	Poids total de 44 éléments. »	750

Ces connexions sont constituées par des câbles souples de cuivre étamé revêtus d'une gaine de plomb et terminées à chaque extrémité par une tête en plomb percée d'un œil. Chaque élément est réuni à ses voisins par deux connexions sur chaque pôle.

Les dimensions totales d'encombrement de ces éléments, ainsi que les dimensions et poids des plaques, sont données dans le tableau I.

Leur énergie spécifique au régime de décharge de 70 watts est de 250 watts-heures et leur poids de 17 kg, y compris l'électrolyte et les doubles connexions. Le tableau II fournit diverses données relatives au régime.

Tableau II. — *Débit, capacité, puissance, etc.*

Durée de la décharge		3 h. 30
Débit normal en ampères.	par dcm² de surface positive développée.	1,3
	par plaque positive .	6,1
	par kg d'élément . .	2,17
	par élément	37,7
Force électromotrice par éléments, en volts.		1,90
Puissance normale en watts.	par kg de plaque. . .	5,83
	par kg d'élément. . .	4,1
	par élément	70
Capacité spécifique en amp.-heure.	par kg de plaque . .	11
	par kg d'élément . .	7,76
	par élément.	132
Énergie spécifique en watts-heure.	par kg de plaque . .	20,8
	par kg d'élément . .	14,7
	par élément	250
	pour 44 éléments. . .	11 000
Énergie en chevaux-heure pour 44 éléments		14,95
Poids par kilowatt en kg.	en plaques . .	48
	en éléments. .	68
Poids par kw-h en kg.	en plaques . .	171
	en éléments. .	242
Poids par chev.-heure en kg.	en plaques . .	35,3
	en éléments. .	50

La Société pour le travail électrique des métaux construit, aussi pour la traction des voitures automobiles électriques, des éléments d'une capacité spécifique plus élevée, mais dont la durée des plaques positives est

moindre que celle de ses plaques genre « Planté », tout en assurant encore une centaine de charges et de décharges.

Dans ces éléments, l'électrode positive est composée de plaques fabriquées par les procédés employés pour la construction des plaques négatives.

La capacité spécifique de ces éléments pour les régime de décharge de cinq heures et au-dessous est de 30 p. 100 au moins supérieure à celle des éléments à plaques positives genre « Planté ».

Ils ont leur emploi indiqué dans les applications où le prix de revient de l'entretien des accumulateurs ne joue qu'un rôle secondaire par rapport à la légèreté et à la capacité spécifique.

J. Reyval.

ÉTUDE SUR LA TRANSMISSION ET LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE PAR LES COURANTS ALTERNATIFS (1)

XI. Vérifications expérimentales

Une machine d'essai a été construite par la Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité et essayée par elle dans ses ateliers de Saint-Ouen.

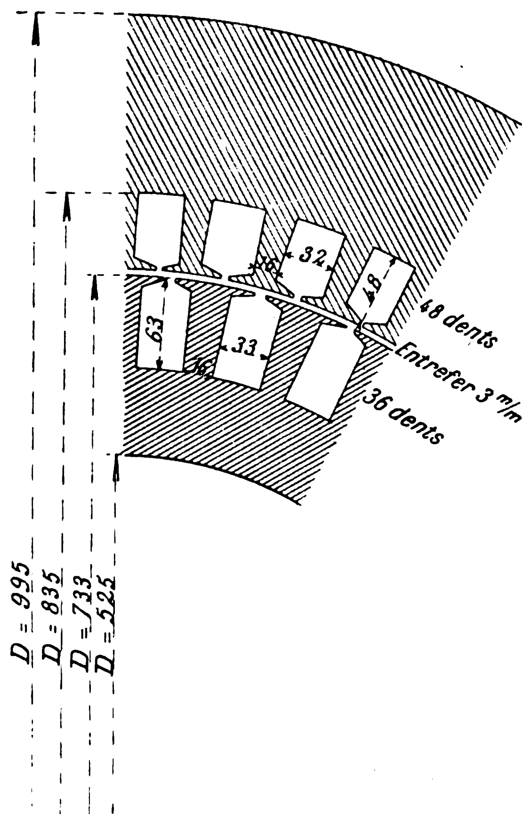


Fig. 14.

C'est un alternateur de 60 kw à courants biphasés et à grande réaction d'induit, muni de son excitatrice. On a donné le même nombre de pôles aux deux machines et on les a montées sur un même axe.

Armature (Voir figure 14). — Elle est formée par un anneau Paccinotti à denture interne comportant 48 dents et entailles.

Longueur de l'armature comptée parallèlement à l'axe : 165 mm.

Diamètre de l'alésage de l'armature : 739 mm.

L'enroulement est fait avec des barres de cuivre plates. Il est du genre Siemens multipolaire en série, comme le montre le schéma de la figure 15. Il y a quatre barres logées dans chaque entaille; les six bobines de chaque phase sont montées en série.

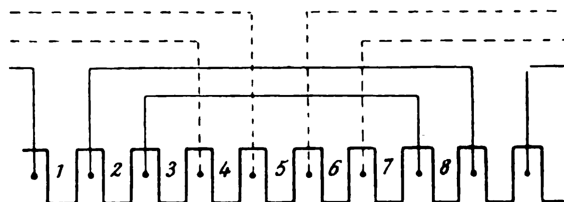


Fig. 15.

Inducteur (Voir la figure 14). — Afin de

(1) Voir *L'Éclairage Électrique* des 10, 17 et 24 décembre t. XVII, p. 425, 473, et 509.

pouvoir utiliser la même machine comme moteur asynchrone, un inducteur a été constitué par un anneau Gramme Paccinotti à 36 dents et entailles. Dans chaque entaille est logée une bobine de 72 spires de fil de 0,4 mm.

Ces bobines sont groupées entre elles de manière à former trois circuits identiques mais régulièrement décalés qui seraient parcourus par des courants triphasés si la machine fonctionnait comme moteur asynchrone.

Ces trois circuits sont montés en dérivation entre trois bagues.

Dans le cas actuel, on pourrait envoyer un courant dans l'inducteur, par l'intermédiaire de deux quelconques de ces trois bagues, soit disposer trois balais écartés de $\left(\frac{120^\circ}{n} + \frac{2K\pi}{n}\right)$ sur le collecteur de l'excitatrice, en désignant par $2n$ le nombre de pôles de cette machine. Ces trois balais sont reliés individuellement aux frotteurs qui s'appuient sur les trois bagues de l'inducteur.

Excitatrice. — Elle a six pôles et est montée sur le même axe que l'alternateur. Les tôles qui entrent dans la constitution des deux anneaux sont découpées comme le montre le croquis de la figure 16. Les enroulements à courants alternatifs sont logés dans les canaux de section circulaire.

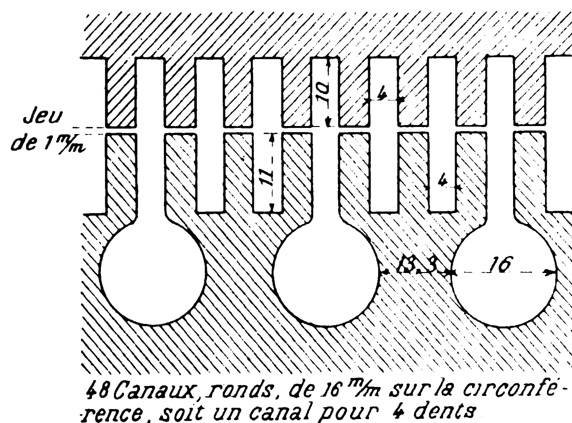


Fig. 16.

L'enroulement en série est constitué par des barres rondes de 14 mm de diamètre. Il est du genre Siemens multipolaire en série.

L'enroulement en dérivation comporte 48 bobines du genre Gramme. Chaque bobine a 12 spires de fil de 0,14 mm.

Les dimensions des deux anneaux sont portées sur la figure 17.

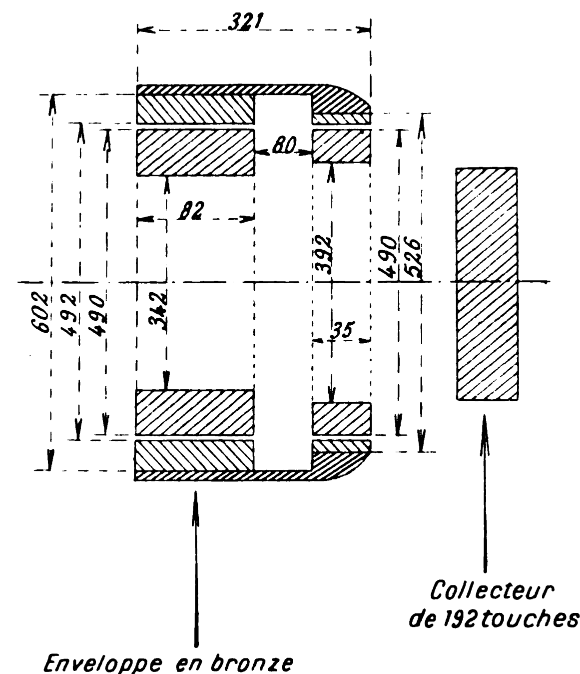


Fig. 17.

L'enroulement à courant continu du genre Gramme est formé par 484 sur bobines de deux spires chacune.

Afin d'éviter les étincelles, on a adopté la disposition suivante due à Weston. Les bobines de rangs impairs ont été groupées entre elles et reliées aux touches de rangs impairs du collecteur, comme si elles eussent existé seules. On a fait de même pour les bobines de rangs pairs.

L'expérience a démontré l'inutilité de cette disposition. Nous n'avons jamais eu d'étincelles sur ce collecteur, quelle que fût l'intensité du courant recueilli et quel que fût le calage des balais, bien que leur recouvrement fût supérieur à la largeur d'une lame et de ses deux isolants.

Les anneaux fixes de l'excitatrice avaient

été disposés pour recevoir un circuit inducteur destiné à combattre la réaction d'induit de l'enroulement à courant continu. Ce circuit n'a pas été utilisé au cours des expériences que nous allons relater.

Expériences. — Cette machine était conduite par un moteur à vapeur vertical de Lecouteux et Garnier pouvant fournir 70 chevaux à la vitesse de 320 tours.

1° Relevé des caractéristiques à vide et en court-circuit. On envoie un courant continu, pris au tableau de l'usine, dans l'inducteur, par l'intermédiaire de deux de ses trois bagues.

1° *Caractéristique à vide.*

VITESSE en tours par minute.	INTENSITÉ du courant d'excitation.	VOLTS aux bornes des circuits d'armature.	VITESSE en tours par minute.	INTENSITÉ du courant d'excitation.	VOLTS aux bornes des circuits d'armature.
840	4,95	21	841	33,8	127,5
838	7,50	34	839	39	135,5
840	10	46,5	840	46	149
836	11,10	47	836	51	154
833	14,30	60,5	839	57	160
840	15,80	63,7	840	64,5	164,5
837	20	80	835	76	174
835	25,10	103	839	89	177,5
840	29,60	117,5	840	95	192,5

2° *Caractéristique en court-circuit.*

VITESSE en tours par minute.	INTENSITÉ du courant d'excitation.	INTENSITÉ dans chaque circuit d'armature.	VITESSE en tours par minute	INTENSITÉ du courant d'excitation.	INTENSITÉ dans chaque circuit d'armature.
839	5,1	12	840	41,5	129,5
838	7,9	22,5	834	50,5	157
840	10,2	29	839	56,5	171,5
836	14,6	42,5	840	62	187,5
840	21,1	62,5	840	75	230
839	26,1	80	835	82	262
836	29,5	89	839	101	301
840	34	103	»	»	»

Les deux caractéristiques sont tracées sur lafigure 18.

On remarquera la grandeur de la réaction

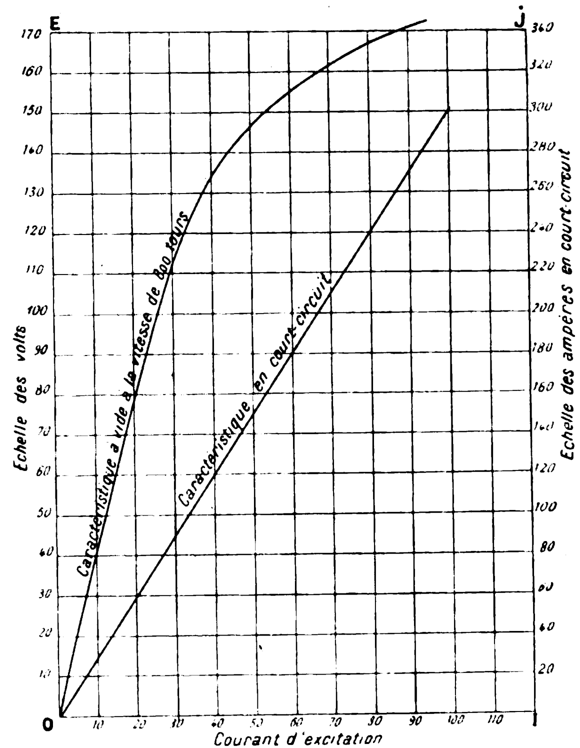


Fig. 18.

d'induit de cette machine. Il faut 28 ampères d'excitation pour produire le voltage normal à vide, en tournant à la vitesse normale. Il faut 91 ampères, soit 3,15 fois plus de courant pour faire passer l'intensité normale dans l'armature fermée sur elle-même. Or, avec les alternateurs excités à la manière ordinaire, il est admis comme règle pratique, que l'intensité du courant d'excitation qui fait passer l'intensité normale dans l'armature fermée sur elle-même doit être inférieure au tiers de l'intensité du courant d'excitation qui détermine le développement du voltage normal dans la machine fonctionnant à vide.

En revanche, lorsque la machine débite à un courant normal, le nombre d'ampères-tours, efficace de l'armature, par chaque c. m. du développement de sa face regardant l'entrefer est égal à $\frac{172 \times 4 \times 48}{73{,}9\pi} = 225$, alors

que ce nombre ne dépasse pas 70 dans les alternateurs à voltage constant, excités à la manière ordinaire.

L'intensité du flux dans l'entrefer de notre machine est la même que dans les autres alternateurs et il ne nous coûte pas plus cher à produire car l'entrefer se trouve réduit à 3 mm, ce qui est très suffisant comme jeu et la force magnétisante de l'inducteur, au lieu de servir à développer un flux à travers un large entrefer sert, avant tout, à détruire la réaction d'induit de l'armature.

Il en résulte que toutes choses égales d'ailleurs, on aura une même carcasse de machine, un même inducteur et une même dépense d'excitation; rien qu'en augmentant le poids de cuivre enroulé sur l'armature, la puissance de l'alternateur dimensionné, comme il vient d'être dit, est devenue $\frac{225}{70} = 3{,}2$ fois plus grande que celle d'un alternateur dimensionné suivant les principes généralement adoptés.

Expériences en charge. — Cet alternateur, muni de son excitatrice, a été essayé en charge de la manière suivante :

Entre les bornes de chacun de ses circuits d'armature, l'on avait branché deux dérivations comprenant :

La première, l'un des circuits à basse tension d'un transformateur biphasé de 2500 kw;

La seconde, un rhéostat à résistance variable.

Dans ces conditions, il ne devrait guère passer que du courant déwatté dans la première dérivation et du courant watté dans la seconde. On faisait varier le débit de l'alternateur en agissant sur le rhéostat.

Cette machine a été essayée telle qu'elle est sortie de l'atelier, sans avoir subi aucune correction et sans avoir été munie de ses appareils de réglage. Voici les résultats obtenus :

Les glissements de la courroie qui commandait la machine devenaient très considérables dès que le débit dépassait 200 ampères par phase et ils ont empêché que celui-ci fût poussé au delà de 250 ampères. Le calage des balais est demeuré invariable pendant toute la durée de ces essais et on n'a constaté aucune trace d'étincelles sur le collecteur.

VITESSE en tours par minute.	DÉBIT du circuit-sinus.		DÉBIT du circuit-cosinus.		VOLTAGE aux bornes des deux circuits.
	Courant déwatté.	Courant watté.	Courant déwatté.	Courant watté.	
792	0	0	0	0	92
794	74,8	0	74.5	0	114
789	76	63	75	63	116
794	76,5	75	76,5	73	118
786	79	85	79	73	114.5
770	80	106	80	103	116,5
772	79	125	79	122	118,5
780	80	120	80	120	115,5
792	79	152	79	155	110.5
770	79	165	79	155	114
788	77.5	192	77.5	205	110
762	77.5	223	77.5	228	104
754	74	240	74	250	96

L'excitatrice s'amorce d'elle-même sous l'influence du magnétisme rémanent des inducteurs de l'alternateur. Lorsque la machine tourne à vide, son voltage est sensiblement inférieur à sa valeur normale : il conviendrait d'augmenter de 15 p. 100 environ les dimensions de l'anneau de l'excitatrice dont les circuits à courants alternatifs sont montés en dérivation.

Il conviendrait, au contraire de diminuer les dimensions de l'anneau de l'excitatrice dont les circuits à courants alternatifs sont montés en série. En effet, la machine est légèrement surcompoundée et la baisse de voltage finale ne doit être attribuée qu'à la diminution de vitesse due aux glissements de la courroie.

Néanmoins nous ne croyons pas qu'aucune machine existante à très faible réaction d'induit donne une semblable constance de voltage lorsque son excitation ne subit aucun réglage.

Expériences de synchronisation. — On a

monté cette machine en parallèle avec l'un des alternateurs à courants biphasés de 250 kw de l'usine de Saint-Ouen. Ceux-ci tournent à la vitesse de 67 tours par minute et sont commandés par des machines à vapeur monocylindrique.

On a d'abord constaté la grande aptitude du nouvel alternateur à fournir des courants déwattés par la grande réduction qu'il a été possible de faire subir à l'excitation de l'alternateur de 250 kw, le voltage aux bornes conservant sa valeur normale.

Ensuite on a pu :

1° Supprimer l'introduction de vapeur dans le moteur de 70 chevaux, sans que l'on ait eu à constater d'autre phénomène que le changement du brin tendu de la courroie reliant le moteur au nouvel alternateur.

2° Supprimer l'introduction de vapeur dans la grande machine à vapeur. L'alternateur de 250 kw a continué à tourner, conduit par le petit. Les grincements de la courroie témoignaient de la grandeur de l'effort à surmonter, mais il nous a été impossible d'amener un décrochage.

Maurice LEBLANC.

ÉTUDE DES MOTEURS A CHAMPS TOURNANTS[1]

8. INDUIT. — NOMBRE D'ENCOCHES. — Si c'est possible, on fait le nombre d'encoches de l'induit incommensurable avec celui de l'inducteur pour éviter, surtout au démarrage, la tendance à l'engrènement magnétique qui diminue le couple.

Les nombres de trous *pour un champ* étant premiers entre eux, cela suffit.

On constitue m_2 bobinages ondulés ou imbriqués autour de l'organe mobile et, s'il y a une résistance au démarrage, les m_2 bouts libres aboutissent à m_2 bagues tournant avec l'arbre.

Plus la section des conducteurs de l'induit est forte, meilleur est le rendement électrique, à la condition que l'espace fer soit suffisant. On ne gagne rien (Thomson) à donner à cet enroulement une section supérieure à celle de l'enroulement de l'organe fixe. Dans la pratique on la fait généralement un peu moindre.

Le courant, par unité de longueur périphérique, abstraction faite du courant d'aimantation, a le même taux dans les deux enroulements. Les conducteurs étant légèrement isolés et de forte section pour l'induit, les dimensions des trous sont moins grandes qu'à l'inducteur.

Les induits sont à barres ou à fils réunis en groupes ou faisceaux.

Pour déterminer le nombre de barres ou de fils, on suppose d'abord que le moteur fonctionne exactement comme un transformateur en court-circuit et qu'on a $I_1 N'_1 = I_2 N'_2$, c'est-à-dire les courants en raison inverse des nombres de fils :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N'_1}{N'_2}$$

On se donne le rapport $\frac{I_2}{I_1}$, et on calcule N'_2. D'après la densité du courant admise, on calcule la section des fils, on voit si on peut les loger convenablement sur l'induit en réduisant le moins possible la section du fer. Au besoin, on change le nombre N'_2 jusqu'au moment où on arrive à une solution satisfaisante. Si ce sont des barres, leur nombre donne celui des encoches qui doit être premier avec celui de l'inducteur, tout au moins pour chaque champ. Si ce sont des fils, on en détermine le nombre par encoche, d'où la section de celles-ci et leur nombre, pour lequel on prend les mêmes précautions que pour les barres.

9. INDUIT. FORMULES. — Nous avons vu que l'on a :

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 24 décembre, p. 512.

$N_2 = N_1 (1 - g)$ tours de l'induit par seconde.

$g = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = \frac{N_1 - N_2}{N_1} = 0{,}02$ à $0{,}06$ des grands aux petits moteurs, dans les cas normaux.

La fréquence des courants induits est Fg.

Le nombre de champs est égal à celui de l'inducteur, soit p, le nombre de phases, de groupes par champ et par phase, de fils par groupe sont au choix, soient m_2, n_2 et n'_2. Le nombre total de fils périphériques est :

$$N'_2 = m_2 n_2 n'_2 p \quad (38)$$

Si r_2 est la résistance d'un fil ou d'une barre périphérique avec ses liaisons, la résistance d'une phase est :

$$R_2 = n'_2 n_2 p r_2 \quad (39)$$

La formule de la force électromotrice maximum par phase est :

$$E_2 = k\omega\Phi \frac{N}{2m} 10^{-8} = k 2\pi Fg \left(N_2 = \frac{m_2 n_2 n'_2 p}{2 m_2} \right) \Phi' 10^{-8}$$

ou

$$E_2 = k \pi F g n_2 n'_2 p \Phi' 10^{-8} \text{ volts} \quad (40)$$

$k = 0{,}955$ à 1 pour les courants triphasés (voir étude préparatoire des moteurs à courants polyphasés).

La perte totale de puissance par effet Joule dans l'induit s'exprime par :

$$pj = \frac{m_2}{2} R_2 I^2_2 = m_2 \frac{E^2_2}{2R_2} \quad (41)$$

Le rendement électrique de l'induit étant :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = 1 - g$$

et la puissance mécanique P_m communiquée à l'induit par le couple brut étant de $P_u \times 1{,}02$ à $1{,}06$, approximativement (en comptant 2 à 6 p. 100 de perte par frottements mécaniques).

On a :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{P_m}{P_m + pj} = 1 - g,$$

$$\frac{pj}{P_u} = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_2} = \frac{g}{1-g} \text{ et } P_m = pj \frac{1-g}{g}$$

$$= m_2 \frac{E^2_2}{2R_2} \frac{1-g}{g}$$

En remplaçant E_2 par sa valeur :

$$P_m = \frac{m_2}{2R_2} k^2 \pi^2 F^2 n'^2_2 n^2_2 p^2 \Phi'^2 g (1-g) 10^{-16}$$

$$= \frac{\pi^2}{2} \frac{k^2 F^2 N^2_2 \Phi^2 g (1-g) 10^{-16}}{m_2 R_2 \nu^2} \quad (42)$$

Φ' est le flux par pôle arrivant à l'intérieur de l'enroulement d'induit, soit approximativement $\frac{\Phi}{\nu}$, ν étant le coefficient de perte de flux jusqu'à l'induit en marche normale que nous prendrons de 1,3 à 1,4 à défaut d'indication précise sur sa valeur.

La relation (42) donne les relations suivantes :

$$R_2 = \frac{\pi^2}{2} \frac{k^2 F^2 N^2_2 \Phi^2 g (1-g) 10^{-16}}{\nu^2 m_2 P_m} \quad (43)$$

$$I_{2\,max.} = \frac{E_2}{R_2} = \frac{k \pi F g n_2 n'_2 p}{R_2} \frac{\Phi}{\nu} 10^8$$

$$= \frac{2 \nu P_m 10^8}{\pi k F N_2 \Phi (1-g)} \quad (44)$$

$$I_{2\,eff.} = \frac{\sqrt{2}\, \nu P_m 10^8}{\pi k F N_2 \Phi (1-g)} \quad (45)$$

Connaissant N_2, g et Pm, on pourra donc calculer la résistance d'une phase et le courant normal.

La longueur des fils d'une phase permettra d'en déterminer la section s_2 connaissant leur résistance. Le quotient $\frac{I_2 \text{ eff.}}{s_2}$ donnera la densité du courant induit dans l'enroulement.

La densité du courant induit résulte d'ailleurs des formules (43 et 45). Elle s'établit comme suit :

$$\delta_2 = \frac{I_{2\,eff.}}{s_2}$$

$$s_2 = \frac{0{,}0002\, L_2}{R_2} \text{ mm}^2 \text{ à } 60^\circ$$

L_2 étant la longueur du fil d'une phase en cm et s_2 la section en mm².

$$\delta_2 = \frac{I_{2\,eff.}\, R_2}{0{,}0002\, L_2},$$

$$\delta_2 = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \times \frac{k F N_2 \Phi g \; 10^{-8}}{0{,}0002\, \nu \times m_2 L_2} = 1{,}115$$

$$\times 10^{-4} \frac{k}{m_2 \nu} \frac{F N_2 \Phi g}{L_2} = Kg. \quad (46)$$

On voit que la *densité du courant dans le fil de l'induit est proportionnelle au glisse-*

ment et qu'on peut se servir de la relation (46) pour la fixer ou la corriger.

10. INDUIT. — EXEMPLES. — *a*. Calculons d'abord un induit à barres pour notre moteur de six chevaux. Soit, approximativement :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N'_1}{N'_2} = 5.$$

$$N'_1 = 504, \quad N'_2 = \frac{504}{5} = 101$$

$$\text{avec } n_2 = 2, \ m_2 = 3, \ p = 3$$

$$n'_2 = \frac{101}{2 \times 3 \times 3} = 5 \text{ ou } 6.$$

Comme il y a deux encoches par groupe de l'inducteur, nous pourrons admettre 5 ou 6 barres ou encoches pour l'induit ; admettons en 5. Il y aura 90 encoches en tout, 30 par phase. Le courant sera d'environ

$$I_2 \times \frac{N'_1}{N'_2} = 20 \times \frac{504}{90} = 112 \text{ ampères.}$$

et la section des barres, pour une densité de 3 ampères environ par mm² :

$$\frac{112}{3} = 37 \text{ mm}^2.$$

La longueur périphérique par encoche sera de

$$\frac{\pi D_2}{90} = 12{,}1 \text{ mm.}$$

Adoptant 6,1 mm pour largeur des encoches, 4,8 environ pour épaisseur des barres, leur largeur sera de $\frac{47}{4{,}8} = 7{,}7$ mm. Ces dimensions étant satisfaisantes, faisons les calculs exacts pour 90 encoches. Nous avons ainsi :

$k = 0{,}955$ pour 30 encoches par champ double et courants triphasés, $v = 1{,}35$, $g = 0{,}04$,

$$P_m = 4\,416 \times 1{,}05 = 4650 \text{ watts}, \quad \Phi = abq\mathfrak{B}_1 = 2 \times 15 \times 4{,}6 \times 0{,}85 \times 5000 = 5{,}85 \times 10^5$$

$$R_2 = \frac{(3{,}14 \times 0{,}955 \times 50 \times 90 \times 5{,}85 \times 10^5)^2\, 0{,}04 \times 0{,}96 \times 10^{-16}}{2 \times \overline{1{,}35}^2 \times 3 \times 4650} = 0{,}00472 \text{ ohm,}$$

$$I_{2\,\text{eff.}} = \frac{\sqrt{2} \times 1{,}35 \times 4650 \times 10^8}{3{,}14 \times 0{,}955 \times 50 \times 90 \times 5{,}85 \times 10^5 \times 0{,}96} = 116{,}5 \text{ ampères,}$$

$$\delta_2 = \frac{1{,}115 \times 10^{-4} \times 0{,}955 \times 50 \times 90 \times 5{,}85 \times 10^5 \times 0{,}04}{3 \times 1{,}35 \times 1\,080} = 2{,}56 \text{ ampères,}$$

$$L_2 = \text{approximativement} : [a + m_2 l_2 + \text{raccordement}] \times 30 = [15 + 3 + (3 \times 6)] \times 30 = 36 \times 30 = 1\,080 \text{ cm.}$$

$$R_2 = \frac{0{,}0002\, L_2}{s_2} \text{ donne } s_2 = \frac{0{,}0002\, L_2}{R_2} = \frac{0{,}0002 \times 1080}{0{,}00472} = 45{,}6 \text{ mm,}$$

La largeur des barres doit donc être de

$$\frac{45{,}6}{4{,}8} = 9{,}5 \text{ mm}$$

au lieu de 7,7 mm.

Avec 108 encoches nous eûmes obtenu :

$$R_2 = \frac{\overline{108}^2}{\overline{90}^2} \times 0{,}00472 = 0{,}0068 \text{ ohm;}$$

$$I_{2\,\text{eff.}} = 116{,}5 \times \frac{90}{108} = 97 \text{ ampères;}$$

$$L_2 = 36 \times 36 = 1296 \text{ cm;}$$

$\delta_2 = 2{,}56$, car $\delta_2 = K \frac{N'_2}{L_2} g$ et L_2

$= k'_1 N'_2$, ce qui rend δ_2 indépendant de N'_2;

$$s_2 = \frac{97}{2{,}56} = 37{,}8 \text{ mm}^2 = 4{,}8 \times 7{,}9 \text{ mm.}$$

La relation $I_1 N'_1 \sin\varphi = I_2 N'_2$ fournit pour $\sin\varphi$ et φ :

$$\sin\varphi = \frac{I_2 N'_2}{I_1 N'_1} = \frac{116{,}5 \times 90}{20 \times 504} = 0{,}971;$$

$$\varphi = 76^\circ\, 10'.$$

Avec 6 p. 100 de glissement et 108 barres, nous arriverions aux résultats suivants :

$$R_2 = 0{,}0068 \times \frac{0{,}06 \times 0{,}94}{0{,}04 \times 0{,}96} = 0{,}01 \text{ ohm;}$$

$$I_{2\,\text{eff.}} = 97 \times \frac{0{,}96}{0{,}94} = 99 \text{ A;}$$

$$L_2 = 1296 \text{ cm;}$$

$$\delta_2 = 2{,}56 \times \frac{0{,}06}{0{,}04} = 3{,}83 \text{ A. p. mm}^2;$$

$$s_2 = \frac{99}{3{,}83} = 25{,}8 \text{ mm}^2 = 4 \times 6{,}45 \text{ mm}$$

$$= 3{,}5 \times 7{,}4 \text{ mm.}$$

***

b. Etablissons maintenant un induit à fils pour le même moteur, soit :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N'_1}{N'_2} = 1,8.$$

$$I_2 = 20 \times 1,8 = 36 \text{ A.}; \quad N'_2 = \frac{504}{1,8} = 280;$$

section des fils à raison d'une densité de 3 A par mm² :

$$s = \frac{36}{3} = 12 \text{ mm}^2; \quad d = \sqrt{\frac{12}{0.785}} = 3,9 \text{ mm}.$$

A raison de 5 fils par encoche, il faudrait des encoches de $10,5 \times 15$ mm. On peut en placer

$$\frac{\pi D_2}{21} = \frac{3,14 \times 345}{21} = 52,$$

sur l'induit en faisant l'espace fer égal à l'espace vide. Comme il faut que ce nombre soit divisible par le nombre de champs 3 et que le $\frac{1}{3}$ en soit premier avec 12 (encoches par champ pour l'inducteur), adoptons 51 encoches au total, 17 encoches par champ.

Le nombre de fils sera de $51 \times 5 = 255$.

Nous avons :

$$k = 0,96, \quad \nu = 1,35, \quad g = 0,04, \quad P_m = 4650, \quad \Phi = 5,85 \times 10^5,$$

$$R_2 = \frac{(3,14 \times 0,96 \times 50 \times 255 \times 5,85 \times 10^5)^2 \times 0,04 \times 0,96 \times 10^{-16}}{2 \times \overline{1,35}^2 \times 3 \times 4650} = 0,0377 \text{ ohm},$$

$$I_{2\text{eff.}} = \frac{\sqrt{2} \times 1,35 \times 4650 \times 10^8}{3,14 \times 0,96 \times 50 \times 2,55 \times 5,85 \times 10^5 \times 0,96} = 41 \text{ ampères}.$$

$$\delta = 2,56 \text{ A (voir ci-dessus)}$$

$$s_2 = \frac{41}{2.56} = 16 \text{ mm}^2, \quad d = 4,5 \text{ mm}.$$

On voit qu'avec ce diamètre de 4,5 mm, l'espace fer ne serait pas égal à l'espace vide. L'induction augmenterait donc un peu dans les dents de l'induit. Pour y obvier, on pourrait placer 6 fils par encoche et diminuer leur nombre.

Avec un glissement de 6 p. 100, on a :

$$I_{2\text{eff.}} = 41 \times \frac{0,96}{0,94} = 41,8 \text{ A.},$$

$$\delta_2 = 2,56 \times \frac{0,06}{0,04} = 3,85 \text{ A.};$$

$$s_2 = \frac{41,8}{3.85} = 10,9 \text{ mm}^2, \quad d_2 = 3.73 \text{ mm}.$$

11. Fonctionnement du moteur. — Une fois les dimensions linéaires approximatives calculées comme nous venons de le voir, on peut déterminer toutes les données du fonctionnement ainsi que ce dernier à tensions ou courants constants, les couples maximum et de démarrage, la résistance additionnelle pour le démarrage, etc., comme nous l'avons indiqué dans la première partie de notre étude.

Avant de finir, nous allons indiquer le calcul approximatif de quelques éléments de la marche du moteur.

12. Courants de magnétisation ou d'aimantation. — Nous avons appris (§ b, p. 445, t. XVI) à déterminer la force électromagnétomotrice inductrice F et la réluctance du circuit magnétique principal d'un moteur. La carcasse pouvant être dessinée complètement, on connait le flux principal Φ et les diverses inductions, ce qui permet d'établir :

$$\sum \Phi \mathcal{R} = \sum \frac{\mathcal{B} l}{u},$$

$$K_1 \frac{4\pi N_1 I_1}{10 \times 2p} = \sum \frac{\mathcal{B} l}{u},$$

$$I_1 = \left(\sum \frac{\mathcal{B} l}{u}\right) \frac{10 \times 2p}{K_1 4\pi N_1} \tag{47}$$

$I_1 eff. = I_1 \frac{1}{\sqrt{2}}$ = courant magnétisant efficace en ampères, produisant le flux; N_1 = nombre total de fils périphériques inducteurs.

13. Courants a vide. — Le courant I_1 eff est le courant *magnétisant* ou *déwatté*. Si p_v mesure toutes les pertes totales d'énergie à vide, faciles à calculer, m_1 le nombre de phases inductrices et E'_1 *eff.* la force élec-

tromotrice efficace, le courant watté ou en phase est, à vide,

$$I'_{1\,\text{eff.}} = \frac{p_v}{m_1 E'_{1\,\text{eff.}}}$$

et le courant total à vide, d'après la considération des courants wattés et déwattés en quadrature (à 90°)

$$I_{v\,\text{eff.}} = \sqrt{I^2_{1\,\text{eff.}} + I'^2_{1\,\text{eff.}}} \qquad (48)$$

peu différent de I_1 *eff.* dans les moteurs bien calculés. Une grande différence entre I_v *eff.* et I_1 *eff.* est un indice de mauvaise construction.

14. Courant a pleine charge. — Le courant d'excitation ou de magnétisation (qui produit le flux) à pleine charge, quoique plus petit que I_1 *eff.* à vide, en diffère peu.

La puissance totale dépensée à pleine charge est approximativement

$$P_u + p_v$$

et le courant en phase

$$I'_{c\,\text{eff.}} = \frac{P_u + p}{m_1 E'_{1\,\text{eff.}}}$$

Le courant total est ainsi sensiblement

$$I_{c\,\text{eff.}} = \sqrt{I^2_{1\,\text{eff.}} + I'^2_{c\,\text{eff.}}}$$

15. Rendement. — La perte par hystérésis et courants de Foucault peut se déterminer assez facilement. Les fréquences à considérer pour l'inducteur et l'induit sont respectivement F et F*g*.

La dépense dans le cuivre inducteur est $m_1\ I^2_c$ *eff.* R_1, R_1, étant la résistance d'une phase et m_1 le nombre de phases L'énergie perdue dans le cuivre de l'induit se calcule par la relation connue $m_2 \frac{E_2^2}{2R_2}$.

Les pertes par frottements mécaniques et de l'air s'évaluent approximativement par des considérations mécaniques dont il a déjà été question.

Le rendement industriel sera donc :

$$\frac{P_u}{P_u + \Sigma \text{ des pertes}}$$

S. Hanappe.

REVUE INDUSTRIELLE ET DES INVENTIONS

Chemin de fer électrique à crémaillère de Barmen;

Par R. Zerner (1).

Barmen, sur la Wupper, en face d'Elberfeld, est un des grands centres industriels de l'Allemagne. C'était autrefois un simple village de paysans et l'accroissement de la population a été tout particulièrement rapide, elle a triplé depuis quarante ans à peine (116 000 habitants).

Le tramway électrique dont nous nous occupons ici, a pour but de rendre facilement accessible les hauteurs qui entourent les deux villes et aussi de desservir les petits centres industriels voisins. Il a été projeté dès 1892, mais son exécution est plus récente; l'exploitation a commencé en 1894.

La station de départ est au centre de la ville dans la Clefer-Strasse (fig. 1 et 2), le tramway traverse la ville à niveau; la longueur totale est de 1 630 m, la hauteur dont il s'élève de 171,15; la rampe moyenne est donc 1 : 9,5, la rampe maxima est de 1 : 5,4. Il y a deux haltes intermédiaires, toutes deux en rampe. La station terminale de Tœllethurm est en palier.

La ligne est à double voie ; l'écartement des rails est de 1 m, la distance entre les axes des deux voies de 2,75 m ; elles se raccordent aux terminus sur une plaque tournante mue électriquement. Dans la ville, la voie est formée de rails à gouttière, de 14 cm de hauteur (fig. 3), fixés dans le pavage.

(1) *Le Génie Civil*, t. XXXII, p. 293, 1898.

Hors la ville, ce sont des rails Vignole de 10 cm pesant 20 kgr au mètre (fig. 4). Les rails des deux types sont fixés sur des traverses métalliques.

Fig. 1. — Plan de la ligne de Barmen.

La crémaillère est établie suivant l'axe de la voie et constituée par deux flasques formées de fers en U distants de 9 cm, boulonnées directement sur les traverses en dehors de la ville, assemblées sur des cornières intermédiaires formant longrines le long des rues. Les dents sont rivées sur les flasques et distantes de 7,5 cm les unes des autres.

Tous les 30 ou 40 m les traverses s'appuient sur des massifs de maçonnerie, destinés à s'opposer au glissement de la voie.

Le courant est pris par archet, le retour se fait par les rails. Le fil de prise est dans l'axe de la ligne à 5 m de hauteur, il a 8 mm de diamètre et est soutenu par des fils transversaux fixés à des poteaux latéraux.

La station centrale comprenait d'abord deux machines à vapeur horizontales de 200 à 250 chevaux chacune, l'une servant de réserve. Ces machines font 165 tours par minute; chacune est accouplée à une dynamo à pôles intérieurs, donnant un courant à 500 volts et de 350 à 730 ampères. Depuis on a considérablement agrandi l'usine pour alimenter tout un réseau de tramways électriques allant de Barmen à Heckinghausen, Wichlinghausen, Elberfeld, et fournir l'énergie électrique aux habitants. On a ajouté à l'installation primitive une troisième machine à vapeur horizontale de même force et une machine verticale de 400 chevaux. Toutes ces machines sont directement accouplées à des dynamos à pôles intérieurs.

Fig. 2. — Élévation de la ligne de Barmen.

La vapeur est distribuée aux machines

par 5 chaudières multitubulaires ayant une surface totale de chauffe de 182 m² et donnant une pression de 10 atm. La consommation d'énergie électrique de chaque voyage double pour une voiture est de 10 à 11 kw : h; l'intensité du courant atteint 180 ampères dans la partie où la rampe est de 1 : 5,4. La vitesse est de 9 km : h en palier et faible rampe, elle se réduit à 6,5 sur la rampe maximum.

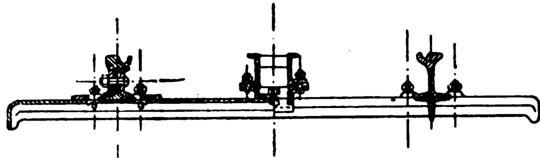


Fig. 3. — Voie à l'intérieur de la ville.

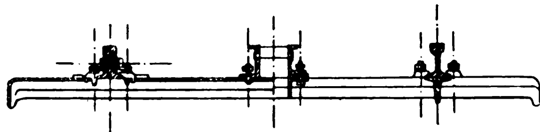


Fig. 4. — Voie à l'extérieur de la ville.

Les 8 voitures peuvent contenir 28 voyageurs assis, 8 debout. La longueur des voitures est de 8 m, la largeur 2,45, elles sont partagées en 4 compartiments.

Chaque voiture porte deux roues dentées qui engrènent dans la crémaillère et sont actionnées séparément par un moteur de 60 chevaux.

Le système des freins comprend des freins ordinaires que l'on manœuvre de chaque plate-forme au moyen d'une manivelle et d'une vis sans fin; un frein automatique intérieur actionné par un ressort à bande en relation avec le régulateur centrifuge de vitesse et qui agit lorsque la vitesse dépasse 3,2 m par seconde; un frein mécanique de sûreté destiné à servir dans le cas où les deux roues dentées se casseraient, il se compose de sabots de fonte qui viennent se placer sur les rails en avant des roues et les obligent à monter sur leur plan incliné, le frottement dû au patinage de ces sabots sur les rails arrête la voiture; un frein électrique qui a pour but de maintenir constante la vitesse à la descente, sans faire usage du frein mécanique. Les électromoteurs excités en dérivation sont disposés de telle façon qu'ils peuvent fonctionner comme dynamo et envoyer dans le circuit de la ligne un courant de même tension que celui des machines génératrices; on transforme ainsi en énergie électrique 60 p. 100 du travail développé par la descente de la voiture qui se trouve ainsi utilisé, cela a en outre l'avantage d'atténuer considérablement les frais d'entretien des freins.

En raison de l'accroissement du trafic, on a déjà ajouté trois voitures nouvelles, actionnées par un moteur de 80 chevaux et pouvant recevoir 20 voyageurs.

Sur la transformation des courants alternatifs triphasés en courant alternatif simple;

Par G. Grassi (¹).

L'emploi d'appareils à courant alternatif simple sur des distributions à courants polyphasés a pour inconvénient de créer des dissymétries dans les charges des trois circuits et d'amener des différences de voltage entre les divers circuits polyphasés.

Notre collaborateur M. Guilbert (²) a indiqué, l'an dernier, un dispositif très ingénieux, rectification d'un dispositif imaginé par M. Heldt, qui permet dans une distribution secondaire à courants triphasés non équilibré d'emprunter la même quantité d'énergie à chacun des circuits primaires, quelle que soit la différence de charge sur les trois circuits secondaires. Ce dispositif est évidemment applicable en particulier au cas où deux des circuits de la distribution secondaire n'ont aucune charge et correspond alors au cas de la transformation d'un système de

(¹) *Atti della Associazione elettrotecnica Italiana*, vol. I, p. 31.

(²) Voir *L'Éclairage Électrique*, l'article de M. C.-F. Guilbert sur « un nouveau système de distribution », t. XIII, p. 486; 1897.

courants triphasés en courant alternatif simple.

Le dispositif de M. Guilbert consiste dans le cas général à partager chaque enroulement secondaire d'un transformateur triphasé en cinq parties égales en laissant chaque fois quatre des tronçons réunis deux à deux, puis à réunir en série deux tronçons doubles et un tronçon simple en inversant ce dernier. Dans le cas où les circuits secondaires se réduisent à un seul, on voit qu'il suffira de prendre un nombre de spires secondaires deux fois moins grand sur un des noyaux que sur les deux autres et de réunir les trois enroulements secondaires en un seul en inversant celui qui a le moins de spires.

Si l'on se reporte à la théorie donnée, on voit que la tension aux bornes du circuit secondaire sera égale au triple de la tension aux bornes de l'enroulement qui a le moins de spires. La puissance spécifique d'un pareil transformateur n'est donc que les deux tiers de celle d'un transformateur à courants triphasés ordinaire.

Rappelons enfin que ce dispositif n'est applicable que pour des circuits d'utilisation à facteur de puissance voisin de l'unité.

A la même époque et même un peu avant M. G. Grassi présentait un appareil de même genre à l'Association Electrotechnique de Milan, lequel n'est parvenu à notre connaissance que par l'apparition du premier volume des comptes rendus de cette Association.

Cet appareil (fig. 4) a la forme d'un transformateur ordinaire à courants triphasés dont les trois enroulements secondaires, qui comportaient tout d'abord chacun un même nombre de spires, sont disposés en série.

Sur la figure l'enroulement primaire sur le noyau B est en sens contraire de celui de deux autres noyaux A et C ; quant aux enroulements secondaires, ceux de A et C sont d'abord réunis en sens opposé, c'est-à-dire en prenant l'un d'eux en sens contraire de l'autre, et leur ensemble est mis en série dans un sens ou dans l'autre avec l'enroulement du noyau B. Quel que soit ce dernier sens, la tension totale est évidemment la même comme on peut s'en rendre compte facilement en suivant graphiquement ces compositions des forces électromotrices. La tension totale est égale à deux fois la tension aux bornes d'une quelconque des trois bobines secondaires.

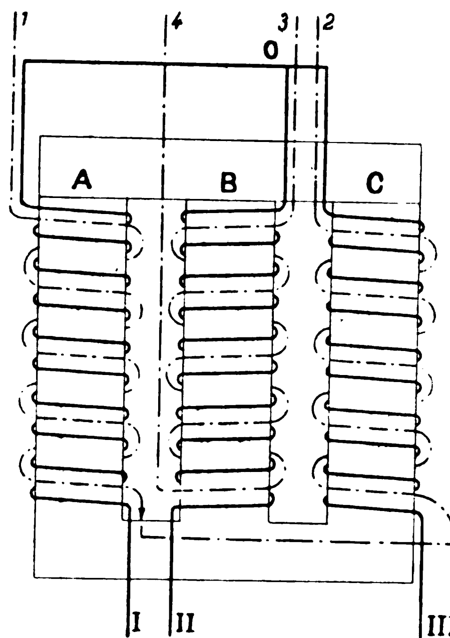


Fig. 1.

On remarquera que le groupement des bobines secondaires des noyaux A et C a été fait de façon à ce que les ampère-tours secondaires sur ces deux noyaux s'ajoutent.

L'appareil essayé par M. Grassi comportait 310 spires pour chaque bobine primaire et 77 pour chaque bobine secondaire. L'auteur a constaté tout d'abord qu'avec le secondaire en charge les quantités d'énergie, fournies par chacun des trois circuits primaires primitivement enroulés dans le même sens étaient différentes, ce qui n'a rien que de très naturel après les explications que M. Guilbert a données sur le fonctionnement du dispositif de M. Heldt, dispositif qui se réduit à celui de M. Grassi,

lorsque deux des circuits de la distribution triphasée déséquilibrée sont ouverts.

Ce qui paraît moins explicable, c'est qu'en inversant ensuite le sens d'enroulement de la bobine primaire du noyau B, M. Grassi ait pu obtenir une meilleure répartition de l'énergie absorbée par le circuit secondaire entre les trois circuits primaires. La seule chose qu'on puisse admettre, c'est que, comme l'a du reste constaté l'auteur, les courants à vide sont alors sensiblement égaux ; toutefois la quantité d'énergie absorbée est plus considérable.

Ce dernier inconvénient disparaît et la répartition des puissances sur les trois circuits primaires se fait mieux si l'on modifie le nombre de spires de la bobine primaire qui est enroulée en sens contraire des deux autres. Si en particulier on met un nombre double de spires primaires sur l'un des noyaux, l'énergie absorbée à vide est aussi faible que dans un transformateur ordinaire. Quant à la répartition entre les trois circuits primaires, elle doit se faire également comme dans le système de M. Guilbert puisque, le flux étant deux fois moindre dans le noyau central, tout se passe comme si la bobine secondaire correspondante avait deux fois moins de spires que les deux autres. C'est ce que les expériences de M. Grassi confirment très bien.

Ce dernier a observé, en outre, qu'il existe une différence entre les intensités primaires qui dépendent du groupement des bobines secondaires entre elles ; la combinaison donnée plus haut et adoptée par M. Grassi est celle qui donne une répartition plus uniforme des courants, qui sont égaux, dans les bobines primaires des noyaux I et II, le courant dans la bobine III étant un peu plus grand que dans les deux autres.

M. Grassi a également étudié l'influence du nombre de spires secondaires sur les divers noyaux ; il a ainsi reconnu que les meilleures conditions de fonctionnement avaient lieu lorsque l'une des bobines des noyaux A ou C avait un nombre de spires un peu plus grand ou un peu plus petit que celui des deux autres, et lorsque la bobine B était enroulée dans le même sens que celui de la bobine secondaire de A ou C ayant le plus grand nombre de spires.

M. Grassi a étudié, en outre, un dispositif des enroulements primaires représenté sur la figure 5 ; dans ce dispositif le noyau B porte

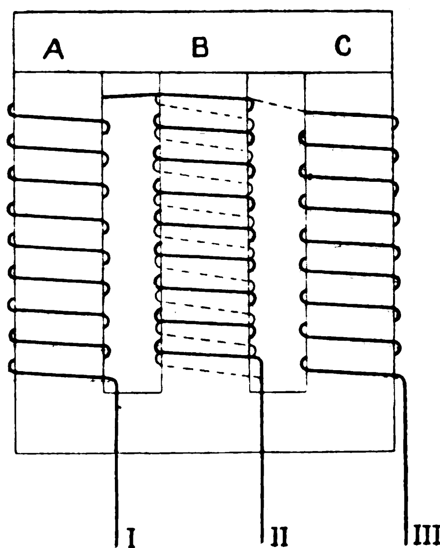


Fig. 2.

deux bobines primaires égales et réunies en séries entre elles et avec les bobines primaires des noyaux A et C. Les connexions des quatre bobines primaires avec les trois conducteurs du réseau à courants triphasés sont faites comme l'indique la figure ; deux des conducteurs communiquent chacun avec les extrémités libres des bobines primaires des noyaux A ou C et la troisième avec le point de jonction des deux primaires du noyau B. Cette disposition a également donné de bons résultats.

M. Grassi se réserve de revenir plus tard sur ces dispositifs et d'en donner une théorie complète. J. R.

Courants continus apparents dans un arc voltaïque à courants alternatifs qui jaillit entre des pôles de nature différente;

Par F. Eichberg et L. Kallir (¹).

1. *Arc jaillissant entre une électrode de charbon et une électrode métallique.* — Quand un arc alimenté par des courants alternatifs se forme entre une tige de métal et une tige de charbon, une boussole des tangentes placée dans le circuit indique un courant de sens constant dirigé, dans l'arc, du métal vers le charbon; un galvanomètre, placé en dérivation sur les électrodes indique une différence de potentiel de sens constant dans la direction du charbon vers le métal. Ces deux phénomènes ont été signalés par Sahulka pour le fer, par von Lang pour l'aluminium.

Ils se produisent quand une goutte de métal fondu s'est formée au bout de l'électrode et que l'arc, partant de cette goutte, brûle tranquillement, sans cracher, avec un bruit sourd. Par suite, il est plus facile d'obtenir cet arc quand le métal présente d'avance à son extrémité une goutte solidifiée. Autrement l'arc se forme seulement quand les électrodes sont à une toute petite distance; il siffle, brûle mal et ne présente pas les phénomènes en question.

Dans toutes les expériences qui seront décrites, les auteurs se sont servis comme électrodes en charbon de charbons à mèche, avec lesquels on peut entretenir l'arc pendant quelque temps, ce qui n'a pas lieu avec les charbons homogènes.

Le courant et la différence de potentiel de sens constant ont été observés avec des électrodes en fer, en aluminium, en cuivre, en nickéline. Avec l'aluminium, les expériences sont difficiles parce que l'arc est très instable.

Les grandeurs mesurées sont :

1° L'intensité totale I au moyen d'un ampèremètre thermique.

2° La différence de potentiel totale Δ aux extrémités de l'arc, par un voltmètre thermique;

3° La dépense d'énergie dans l'arc, au moyen d'un wattmètre de Ganz.

4° L'intensité C du courant apparent de sens constant, par une boussole des tangentes.

5° La différence de potentiel de sens constant V par un galvanomètre ayant une résistance de 1 ohm et en série avec une résistance de 999 ohms.

Le courant alternatif qui alimente l'arc est emprunté à un transformateur d'un réseau urbain; il fonctionne avec 105 volts environ.

Il ressort des nombres trouvés que l'intensité du courant et la différence de potentiel de sens constant ont sensiblement la même valeur pour tous les métaux étudiés, abstraction faite de quelques irrégularités, dues sans doute à ce qu'il est difficile de lire en même temps tous les instruments.

Arons et von Lang ont rattaché l'existence de ce courant et de cette différence de potentiel à cet autre fait, qu'un arc à courant continu exige une différence de potentiel moindre pour passer du métal au charbon que pour jaillir en sens contraire. La différence entre les deux varie d'un métal à l'autre et a sa plus grande valeur quand le métal est l'aluminium. Cette variation paraît difficile à concilier avec la constance des autres phénomènes signalée ci-dessus.

L'observation de la boussole des tangentes et du galvanomètre fait reconnaître que les courbes qui représentent l'intensité et la différence de potentiel dans l'arc, même si les deux électrodes sont en charbon, affectent une allure irrégulière, nullement sinusoïdale; les aires situées de part et d'autre de l'axe des abscisses sont inégales.

Ces courbes ont été tracées d'après les données obtenues comme il suit :

Le courant est fourni par un alternateur à huit pôles de Siemens et Halske, à 50 alternances environ par seconde; les inducteurs sont alimentés par une petite machine Siemens, à enroulement en série. Dans le circuit de l'arc se trouvent la boussole des tangentes TB et

(¹) *Séances de l'Académie impériale des Sciences de Vienne*, t. CVII, IIe classe, mai 1898. (Communiqué par les auteurs.)

l'ampèremètre thermique HA; l'électrode en fer E et l'électrode en charbon K, une résistance W de 2 ohms et un rhéostat R (fig. 1).

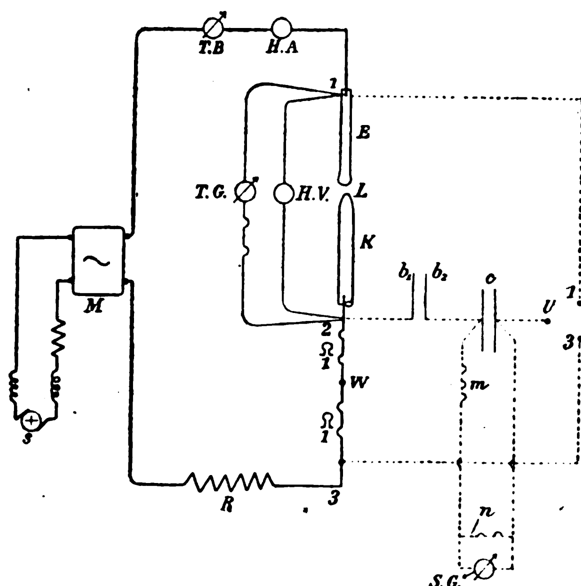


Fig. 1.

En dérivation sur l'arc sont insérés un galvanomètre à torsion TG et un voltmètre thermique HV. Sur l'arbre de la machine M est monté un disque de Joubert sur lequel deux frotteurs ressorts b_1 et b_2 prennent une fois contact à chaque tour. Le balai b_1 est relié au point 2, extrémité commune de l'électrode en charbon K et de la résistance W; le balai b_2 communique avec l'une des bornes d'un microfarad C, dont l'autre borne peut être reliée par l'intermédiaire du commutateur U soit avec l'électrode en fer E, soit avec l'autre extrémité de la résistance W; dans le premier cas on effectue une mesure d'intensité, dans le second une mesure de différence de potentiel. En dérivation sur le condensateur est disposé un galvanomètre apériodique SG, shunté, et une résistance ballast m de 3,5 10^6 ohms. Ce galvanomètre était étalonné de manière que pendant la rotation normale du disque de Joubert il existât entre les points 1 et 2 une différence de potentiel de sens constant et de grandeur constante. Cependant cette différence variait quelque peu pendant la durée d'une expérience, à cause de l'usure des balais. Pour diminuer cette durée, on déterminait seulement 16 points de la courbe des intensités et de la courbe des différences

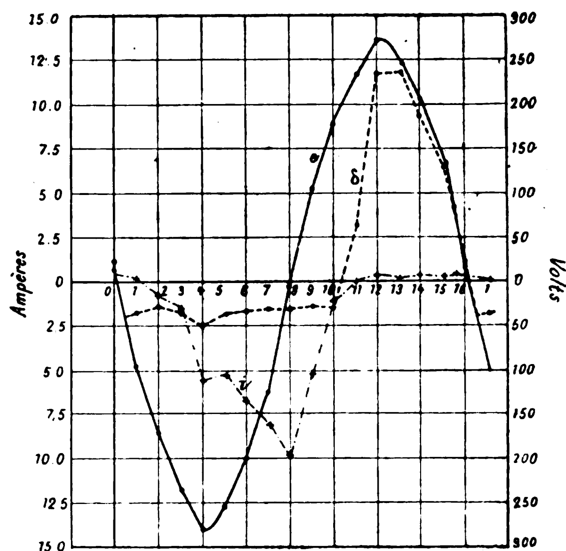


Fig. 2.

de potentiel, les points des deux courbes correspondant à une même position des balais immédiatement l'un après l'autre.

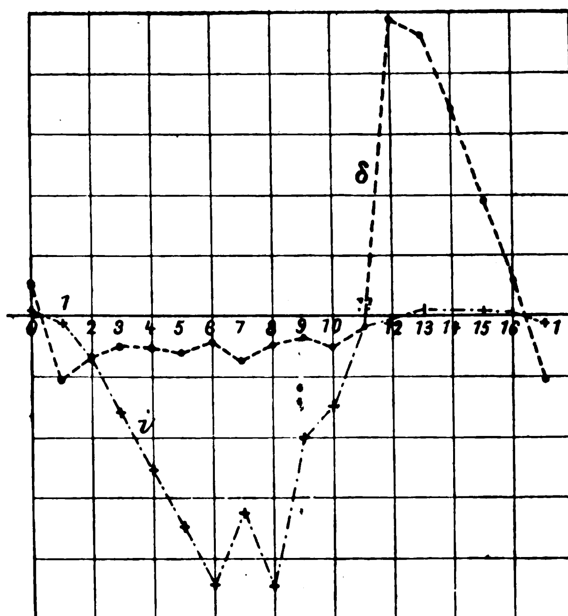


Fig. 3.

Les figures 2, 3, 4 représentent les courbes obtenues dans les conditions suivantes :

Figure 2. — Tige de fer de 4,5 mm; charbon à mèche Siemens et Halske, marque A, 6 mm.

E = 189 volts.	C = 2,8 ampères.
Δ = 104 »	V = 31,5 volts.
I = 4,95 ampères.	

Figure 3. — Tige de fer de 4,5 mm; charbon à mèche S. et H., marque A, 10 mm.

E = 188 volts.	C = 3,5 ampères.
Δ = 100 »	V = 27,5 volts.
I = 5,25 ampères.	

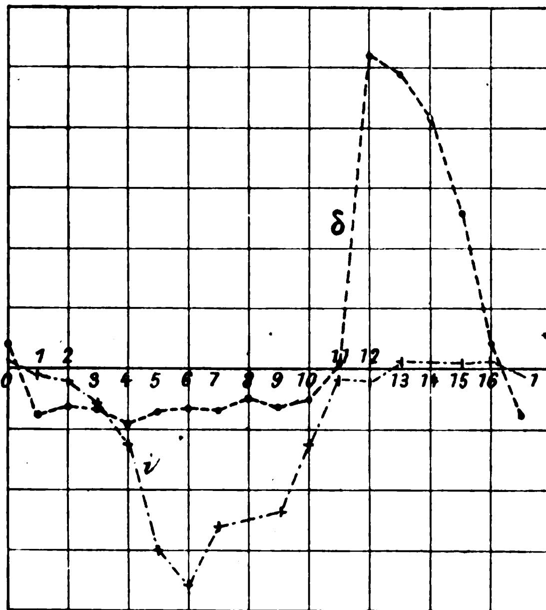


Fig. 4.

Figure 4. — Tige de fer de 4,5 mm; charbon d'une lampe Gramme, 10 mm.

E = 190 volts.	C = 3,3 ampères.
Δ = 107 »	V = 31 volts.
I = 5,1 ampères.	

Propriétés caractéristiques des courbes. — Les courbes de la force électromotrice coupent l'axe des abscisses au voisinage des points 8 et 16; les courbes de la différence de potentiel prise aux extrémités d'une résistance sans induction, en dérivation sur l'arc coupent cet axe aux points 10,3 et 2,3, pour une intensité de 4,6 ampères. Les parties de la courbe situées au-dessus de l'axe des abscisses correspondent aux demi-périodes pendant lesquelles le charbon est positif.

La courbe des différences de potentiel traverse l'axe des abscisses en même temps que la courbe des forces électromotrices : elle monte rapidement jusqu'à un maximum (40 volts environ) puis retombe un peu, parce que l'arc se forme du fer au charbon; la différence de potentiel se maintient ensuite à 30 ou 35 volts. Le second point d'intersection avec l'axe des abscisses est éloigné du premier d'un peu plus d'une demi-période : il se trouve à l'abscisse 10,3, au point où la courbe des différences de potentiel traverse aussi l'axe. La différence de potentiel devient maxima en même temps que la force électromotrice et les deux courbes se suivent ensuite de très près.

D'après l'allure des courbes de courant, il est visible que des courants d'intensité notable passent du fer au charbon et qu'en sens contraire l'intensité est au contraire extrêmement faible.

Si on admet, suivant les idées de M. Blondel [1], que le passage de l'électricité dans l'arc se fait sous deux formes, un courant de conduction par les gaz et un courant de convection, il faudrait en conclure que, dans la direction charbon-fer, il ne se produit que le courant de conduction. C'est seulement quand l'arc ne brûle pas d'une façon régulière et que le courant indiqué par la boussole des tangentes diminue, que des courants assez intenses s'observent au voisinage des points 12 et 16 et que la différence de potentiel diminue.

Les valeurs moyennes de l'intensité du courant et de la différence de potentiel aux pôles de l'arc, calculées d'après les formules connues :

$$\int \frac{i\,dt}{T} \qquad \int \frac{\delta\,dt}{T}$$

sur la courbe, concordent avec les indications de la boussole des tangentes et du galvano-

[1] *Lum. Elect.*, XLIX, p. 501, 557, 608.

mètre à torsion; de même les valeurs efficaces concordent avec les indications des appareils thermiques. Par exemple, pour l'arc auquel se rapporte la figure 3 :

$$C=\int \frac{i\,dt}{T} = 3{,}67 \text{ amp.} \qquad V=\int \frac{\delta\,dt}{T} = 29{,}2 \text{ volts.}$$

$$I=\sqrt{\int \frac{i^2 dt}{T}} = 5{,}47 \text{ amp.} \quad \Delta=\sqrt{\int \frac{\delta^2 dt}{T}} = 99{,}6 \text{ volts.}$$

Les mêmes courbes montrent que le courant de sens constant indiqué par la boussole des tangentes est dirigé dans l'arc du fer vers le charbon.

Il faut en conclure que la formation de l'arc dans la direction charbon-fer rencontre une grande résistance, sans qu'on puisse se prononcer sur la nature de cette résistance. Cette résistance explique que le courant soit presque totalement interrompu dans ce sens et que la différence de potentiel aux pôles de l'arc devienne presque égale à la force électromotrice de la machine. Dans l'autre demi-période, le courant passe sans grande résistance du fer au charbon; on obtient un arc de sens constant, avec une différence de potentiel constante de 30 à 40 volts et un décalage correspondant à ce courant par rapport à la force électromotrice de la machine.

Ce décalage est assez grand à cause de la self-induction considérable de la machine. La courbe des différences de potentiel aux pôles suit d'abord celle des forces électromotrices; ensuite elle est décalée par rapport à celle-ci, ce qui explique la durée plus longue de l'une des demi-périodes.

En photographiant l'arc à travers un disque percé monté sur l'arbre de la machine, on vérifie directement d'ailleurs que l'arc ne se forme pas dans le sens du charbon au fer.

On s'attendrait, à l'inspection des courbes, à ce que l'intensité du courant de sens constant et la différence de potentiel de sens constant fussent influencées, d'une part par la force électromotrice alternative de la machine, d'autre part par le décalage. Une variation de la force électromotrice entraînera une variation de même sens sur la portion supérieure de la courbe des différences de potentiel, tandis que la partie inférieure ne sera pas modifiée si l'intensité du courant et la longueur de l'arc restent les mêmes. Les indications de la boussole des tangentes ne subiront qu'une variation insignifiante; celles du galvanomètre à torsion augmenteront ou diminueront. Une variation de décalage changera le rapport des deux demi-périodes et par suite l'intensité du courant et la différence de potentiel.

Les mesures effectuées vérifient ces prévisions. En particulier, en introduisant une self-induction dans le circuit, on diminue la différence de potentiel de sens constant, qui correspond à une valeur déterminée de l'intensité totale I : cette diminution résulte d'une diminution croissante de l'aire de la courbe des différences de potentiel, située au-dessus de l'axe des abscisses.

En même temps l'intensité C du courant apparent, de sens constant, augmente un peu, ce qu'il faut attribuer à un aplatissement de la courbe de courant.

L'interruption presque complète du courant dans le sens charbon-fer donne lieu à des observations intéressantes quand on met en série, ou en dérivation l'un sur l'autre, deux arcs de sens contraire, fer-charbon et charbon-fer. Sahulka a fait remarquer déjà que ces deux arcs en série se trouvent dans un état instable; en effet, le courant continu qui passerait dans l'un des arcs est arrêté par l'autre.

Quand l'un des arcs se trouve dans les conditions où il brûle en sifflant et où il semble réversible, l'autre peut prendre le dessus et se maintenir dans un état normal de fonctionnement continu; on observe alors aux pôles de ce dernier une différence de potentiel de sens constant, de 65 volts environ, pour une force électromotrice totale de 200 volts (Sahulka).

Pour étudier le système des deux arcs en dérivation, les auteurs disposent l'expérience suivant le schéma de la figure 5. Les deux arcs sont en L_1 et L_2, avec des résistances R_1

et R_2 en série, A_1 est un ampèremètre thermique; TB une boussole des tangentes pour la mesure du courant qui traverse l'arc; A

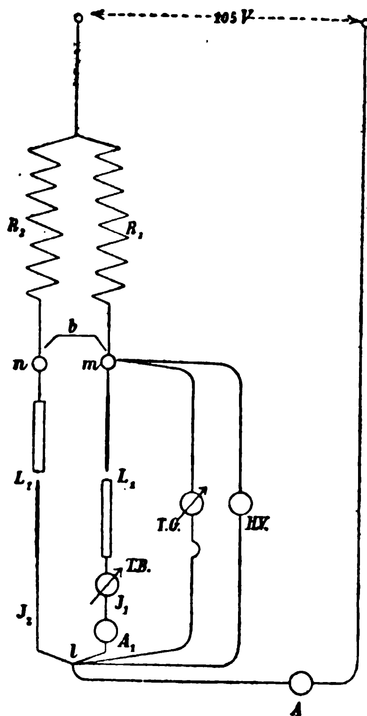


Fig. 5.

un ampèremètre thermique pour la mesure du courant total; HV un voltmètre thermique et TG un galvanomètre de torsion. Les deux godets de mercure m et n peuvent être reliés rapidement par le pont de cuivre b. Les deux arcs s'allument quand b est enlevé; quand ils brûlent également, on replace b.

Les lectures des appareils donnent :

sur TB.	$C_1 = 8{,}35$	ampères.
A_1	$I_1 = 15{,}5$	»
A	$I = 21$	»
HV	$\Delta = 24$	volts.
TG.	$V = 0{,}5$	»

Le rapport de C_1 à I_1 est d'accord avec les nombres trouvés précédemment; I est la résultante de $I_1 + I_2$ et dans les demi-périodes où I_1 atteint sa valeur maxima, I_2 est voisin de zéro et inversement.

Soient i_1, i_2, i, les valeurs de I_1, I_2, I, à une époque déterminée :

$$I = \sqrt{M(i^2)}$$
$$i = i_1 + i_2$$

Comme l'une des deux quantités i_1 ou i_2 est toujours voisine de o, on a toujours

$$i_1 i_2 = 0.$$

Par conséquent, on a approximativement :

$$i^2 = (i_1 + i_2)^2 = i^2_1 + i^2_2 + 2 i_1 i_2 = i^2_1 + i^2_2$$
$$\Sigma(i^2) = \Sigma(i^2_1) + \Sigma(i^2_2) = 2\Sigma i^2_1$$

ou

$$M(i^2) = 2M(i^2_1)$$

si les deux arcs brûlent également. Finalement :

$$I = \sqrt{M(i^2)} = \sqrt{2M(i^2_1)} = I_1\sqrt{2}$$

rapport qui concorde avec celui que donnent les mesures.

Il faut remarquer que dans le cas actuel le courant peut toujours passer et que par conséquent la différence de potentiel aux pôles n'est jamais égale à la force électromotrice de la machine : la courbe des différences de potentiel est symétrique par rapport à l'axe des abscisses.

Sahulka a constaté des phénomènes qu'il faut aussi expliquer par l'hypothèse qui a été faite ci-dessus. Deux galvanomètres de torsion disposés en série de manière que leurs bornes libres soient reliées aux pôles de l'arc, tandis que leur borne commune est reliée à une sonde placée au milieu de l'arc, indiquent une différence de potentiel dans le sens charbon-fer, un galvanomètre placé entre la sonde et l'une des électrodes indique une différence de potentiel en sens contraire. La raison en est que, pendant un temps assez considérable, précisément quand la différence de potentiel charbon-fer est la plus grande, l'arc est interrompu, la borne du galvanomètre reliée à la sonde se trouve hors-circuit et la différence de potentiel qu'il indique correspond à celle qui se produit dans le sens fer-charbon, pendant que l'arc brûle.

Tous ces faits s'expliquent en admettant que le siège de la grande résistance au passage du courant charbon-fer se trouve au voisinage du fer. Dans les expériences de Sahulka le

galvanomètre SG en dérivation sur les électrodes (avec une résistance de 10^7 ohms) indique la même différence de potentiel 28 volts que le galvanomètre TG; s'il est en dérivation sur la sonde K et sur l'électrode charbon L, il indique encore à peu près la même différence que TG. Il faut en conclure que la résistance entre L et l'électrode de fer E est si grande qu'elle annule le courant qui agirait principalement sur SG. Si ce dernier est en dérivation sur I et E, il indique une différence de potentiel de 32 volts plus grande que dans le cas précédent. En effet, les différences de potentiel entre E et la sonde L, quand l'arc passe de E vers K sont plus petites qu'entre E et K; au contraire, dans la direction de K vers E, les grandes différences de potentiel sont entre I et K.

Quand on met les galvanomètres TG et SG simultanément en dérivation sur L et E, ils indiquent tous les deux 6 à 8 volts; les 10^7 ohms qui sont en série avec SG et par conséquent en dérivation sur TG n'influent pas sur les indications de ce dernier. D'autre part, les différences de potentiel élevées qui se produisent pendant la demi-période où le charbon est positif ne peuvent, par suite de la grande résistance entre L et K, envoyer à travers TG que des courants agissant faiblement sur ce dernier. Vis-à-vis de SG, TG joue le rôle d'une dérivation ayant une résistance 10^4 fois plus faible. Le galvanomètre SG reçoit seulement une très petite partie des courants qui le traverseraient sans la présence de l'autre galvanomètre TG: aussi la déviation de SG dépend-elle seulement de la différence de potentiel qui existe entre E et L, tandis que l'arc passe de E à K.

Si enfin le galvanomètre TG est dérivé sur L et E, et le galvanomètre SG sur L et K, la grande résistance entre E et L est éliminée par TG et les différences de potentiel pendant la demi-période KE ont leur plein effet : le galvanomètre SG indique 35 volts; si on met TG hors circuit, cette indication tombe comme précédemment à 3 ou 4 volts.

Cette interruption de l'arc dans un sens n'est pas due à l'oxydation, car si on fait brûler l'arc dans une cloche fermée, où la quantité d'oxygène est limitée, on n'observe pas de diminution du courant apparent de sens constant indiqué par la boussole.

Un arc métal-charbon joue donc le rôle d'une soupape électrique et est susceptible de transformer un courant alternatif en une succession de courants de même sens, aptes à charger une batterie d'accumulateurs. La figure 6 représente schématiquement le dis-

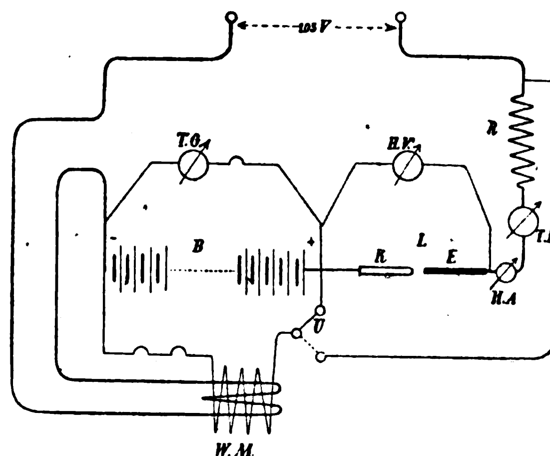


Fig. 6.

positif qu'on peut employer pour déterminer la fraction du courant alternatif utilisée.

La batterie d'accumulateurs B est reliée par son pôle positif au pôle charbon K de l'arc; R est un rhéostat de réglage. L'ampèremètre thermique HA mesure le courant total I, la boussole des tangentes TB le courant continu apparent; le wattmètre WB mesure suivant la position du commutateur *u* le nombre des watts *w* reçus par la batterie B ou le nombre de watts W dépensés dans tout le circuit : le galvanomètre de torsion TG donne la différence de potentiel aux bornes de la batterie; l'ampèremètre thermique HV la différence de potentiel aux pôles de l'arc.

Le rendement ne peut dépasser 30 p. 100.

2. *Arc jaillissant entre deux charbons de nature différente.*

Si on fait jaillir l'arc entre deux charbons de nature différente, par exemple, entre un

charbon à mèche et un charbon homogène, on observe les phénomènes qui viennent d'être décrits, quelle que soit d'ailleurs la position relative des deux charbons.

Cependant l'intensité du courant de sens constant, est plus grande quand les deux charbons sont disposés verticalement, le charbon à mèche au-dessous de l'autre et que l'arc brûle dans le cratère qui se forme sur ce dernier. Dans tous les cas, le courant est dirigé du charbon à mèche vers le charbon homogène.

Il semble que le courant de sens constant est la résultante de deux autres, dont l'un résulte de la différence de propriétés des deux charbons, l'autre de leur différence de position. Sahulka a observé en effet un pareil courant entre deux charbons identiques placés verticalement, le charbon inférieur étant positif vis-à-vis du charbon supérieur, tandis qu'entre deux charbons placés horizontalement on n'observe rien de pareil.

L'aire de la courbe des différences de po-

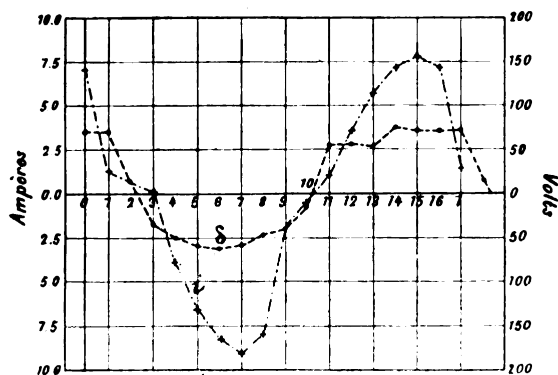


Fig. 7.

tentiel (fig. 7) est plus grande au-dessus de l'axe des abscisses qu'au-dessous; c'est l'inverse pour la courbe des intensités; résultats conformes à ceux que donne la lecture des appareils de mesure. Cette inégalité se rattache aux différences signalées déjà par M. Blondel, entre l'arc jaillissant d'un charbon homogène et l'arc jaillissant d'un charbon à mèche. Ayrton a observé aussi que la différence de potentiel aux pôles est plus petite pour un arc à courant continu allant d'un charbon à mèche à un charbon homogène que pour l'arc de sens contraire.

M. L.

Séparation et dosage du plomb par voie électrolytique dans ses principaux alliages et dans les métaux industriels ;

Par A. Hollard [1].

Le dosage du plomb par voie électrolytique, à l'état de bioxyde, est d'une exactitude et d'une simplicité incomparables, pourvu que l'on observe très exactement un certain nombre de facteurs (densité de courant, composition de l'électrolyte, température de dessiccation du dépôt de bioxyde de plomb, etc.). Ces données ont jusqu'ici été incomplètes et ont quelquefois manqué de précision ; nous croyons les avoir complétées et précisées d'une façon rigoureuse ; nous avons précisé également les conditions sous lesquelles la méthode s'applique pour les alliages les plus divers. C'est après des expériences, exécutées dans les conditions les plus variées et contrôlées au cours de plusieurs années que nous publions cette méthode, considérant qu'elle peut rendre les plus grands services. — Les dépôts de bioxyde de plomb auxquels elle conduit et qui se font exclusivement sur l'anode, sont *très adhérents*, correspondent exactement à la formule PbO^2; de plus aucune trace de plomb métallique ne se dépose sur la cathode.

La quantité de plomb soumise au dosage ne doit pas dépasser 0,2 gr ; avec une quantité plus forte, en effet, on s'exposerait à avoir des dépôts peu adhérents.

Appareils d'électrolyse. — Nos électrodes se composent d'un tronc de cône en platine qui sert d'anode et sur lequel se déposera le bioxyde de plomb ; la cathode est une spirale en platine fixée sur un pied. Ce sont les appareils de Lukow modifiés quant à la cons-

(1) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 3e série, t. XIX, p. 911.

truction et quant aux dimensions : le tronc de cône est, en effet, formé d'une feuille de platine pur, à bords réunis par une soudure autogène (diamètre supérieur 18 mm, diamètre inférieur 45 mm, génératrice 63 mm). Une tige en platine dur est soudée à l'or sur le le tronc du cône. Chaque électrode pèse 20 gr environ.

Les vases contenant les électrolytes sont des verres de Bohème cylindriques ordinaires de 6,5 cm environ de diamètre inférieur et de 370 à 400 cm^3 de capacité. L'attaque de l'alliage ainsi que l'électrolyse du plomb se font dans le même verre de Bohême; l'opération tout entière ne nécessite, en effet, comme on va le voir, ni décantation, ni filtration. Pendant l'attaque, le vase est recouvert d'un entonnoir dont les bords reposent à l'intérieur de ceux du verre de Bohême, et forment ainsi une petite gouttière dans laquelle quelques gouttes d'eau font un joint hydraulique parfait; toute perte par projection est ainsi évitée.

La distance qui sépare le bord inférieur du cône du pied de la spirale doit être de 6 mm environ.

Le cône devant recevoir le dépôt électrolytique du plomb doit, pour maintenir ce dépôt bien adhérent, être dépoli. Ce dépoli s'obtient pour le mieux par immersion du platine pendant quelques heures dans l'eau régale [1].

I. — Dosage du plomb pur. — Le plomb est dissous dans de l'acide nitrique étendu. La solution étendue à 350 cm^3 environ doit contenir à l'état libre 80 cm^3 d'acide nitrique pur ordinaire. Avec une quantité d'acide inférieure, on s'expose à déposer une partie du plomb sur la cathode. L'électrolyse s'effectue à la température ordinaire avec un courant de 0,45 ampère. — On n'a pas à se préoccuper du nombre de volts qui dépend d'ailleurs de la teneur en plomb de l'électrolyte et, dans le cas des alliages, de la nature et de la proportion des métaux étrangers au plomb [1]. Le cône doit plonger complètement dans le bain, et le pied de la spirale être aussi près que possible du fond du vase. L'électrolyse se fait à la température ordinaire. Au bout de vingt-quatre heures, la précipitation est complète et le dépôt très adhérent. Le cône est alors plongé successivement dans deux vases remplis d'eau distillée, puis introduit dans une étuve que l'on chauffe graduellement jusqu'à 200°, température que l'on maintient pendant un quart d'heure. *Cette température est absolument nécessaire pour obtenir un dépôt correspondant exactement à la formule* PbO^2.

II. — Séparation et dosage du plomb dans le zinc commercial. — 10 ou 20 gr de zinc, suivant la pureté du métal, sont attaqués par de l'acide nitrique étendu en quantité telle que la dissolution une fois achevée, il reste 80 cm^3 d'acide nitrique pur ordinaire à l'état libre (1 gr de zinc se combine pour se dissoudre à 3,5 cm^3 d'acide pur ordinaire). Le reste des opérations s'effectue comme il a été dit (I).

Une fois le plomb ainsi séparé, le dosage des autres impuretés du zinc s'effectue très facilement et beaucoup plus facilement que par la méthode ordinaire. Le dosage du cadmium, en particulier, si difficile par la méthode ordinaire, devient très simple : ce métal se trouve, en effet, *en totalité* dans un bain exempt de plomb; il suffit d'évaporer ce bain en présence d'acide sulfurique pour chasser l'acide nitrique, puis de précipiter le cadmium par l'hydrogène sulfuré dans les conditions ordinaires.

III. — Séparation et dosage du plomb dans les alliages plomb-étain et dans l'étain commercial. — § 1er. *Alliage contenant plus de 4 p. 100 de plomb.* — On procédera comme

(1) Ce procédé est plus rapide que celui que nous avons indiqué précédemment (*L'Éclairage Électrique*, t. IX, p. 557, 29 décembre 1896). Nous faisons faire ces cônes dépolis chez Caplain et Saint-André.

(1) Pour 0,2 gr de plomb pur, dans les conditions ci-dessus indiquées, la tension aux bornes est de 2,6 à 2,7 volts.

il a été dit plus haut (I), en tenant compte, pour la détermination de la teneur en acide libre, de ce que 1 gr d'étain décompose pour son attaque 2 cm³ d'acide nitrique pur ordinaire. L'alliage devra être réduit en copeaux très fins ou mieux encore laminé. Le précipité d'oxyde d'étain ne sera pas filtré; on le rassemblera simplement au fond du verre en opérant de la façon suivante : le liquide étendu à 350 cm³ environ sera chauffé vers 90° jusqu'à ce que l'oxyde d'étain se soit rassemblé au fond du vase; on retirera ensuite le feu et on laissera le dépôt se parfaire à froid.

§ 2. *Alliages contenant moins de 4 p. 100 de plomb.* — Ces alliages contenant une forte proportion d'étain par rapport au plomb, leurs solutions doivent être électrolysées dans des vases très larges. Dans ces conditions l'oxyde d'étain s'étale en couche mince au fond du verre; il ne risque pas ainsi d'entrainer du plomb de la solution ou encore de retenir des parcelles d'alliages non attaquées et de soustraire ainsi une partie du métal à l'électrolyse. Les verres de Bohême qui servent à la fois à l'attaque de l'alliage et à l'électrolyse ont 10,5 cm de diamètre inférieur et une capacité de 1 litre environ. L'attaque se fera à chaud sur 5 gr d'alliage par de l'acide nitrique étendu contenant 260 cm³ d'acide nitrique pur ordinaire. Le liquide sera étendu à 650 cm³ environ; puis l'oxyde d'étain bien rassemblé au fond du vase en procédant comme il a été dit au paragraphe précédent (§ 1).

§ 3. *Étain commercial.* — On le traite exactement comme les alliages contenant moins de 4 p. 100 de plomb (§ 2).

IV. — Séparation et dosage du plomb dans les alliages plomb-antimoine et dans l'antimoine commercial. — Les dépôts de bioxyde de plomb entraînent de l'oxyde d'antimoine; la méthode que nous avons décrite pour l'étain et ses alliages ne peut donc s'appliquer. Cet oxyde d'antimoine provient de l'antimoine dissous dans la liqueur.

V. — Séparation et dosage du plomb dans le cuivre commercial et ses alliages (laitons et bronzes). — En présence d'une certaine quantité de cuivre, la séparation intégrale du plomb à l'état de bioxyde nécessite une beaucoup moins grande quantité d'acide nitrique et une plus grande densité de courant que dans les cas précédents. Nous en donnons la raison plus bas.

On prend un poids d'alliage ou de cuivre contenant au moins 1 gr de ce métal et on l'attaque par de l'acide nitrique étendu en quantité suffisante pour qu'il en reste après l'attaque un excès de 14 cm³, comptés en acide pur ordinaire (1 gr de cuivre se combine pour se dissoudre à 3,6 cm³ de cet acide). La solution est étendue à 350 cm³. L'intensité du courant doit être de 0,3 ampère. Durée de l'électrolyse : dix-huit heures environ.

Quand le plomb ne se rencontre dans le cuivre ou ses alliages qu'à l'état d'impureté, on opère sur 10 gr de métal comme nous l'avons indiqué à propos de l'analyse des impuretés du cuivre industriel [1], des bronzes et des laitons [2].

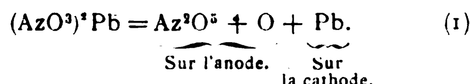
Réactions produites au cours des opérations analytiques qui précèdent. — Il résulte de ce qui précède que la densité du courant et la proportion d'acide nitrique libre nécessaire pour la séparation électrolytique du plomb à l'état de bioxyde varient suivant que l'on a affaire à un alliage de *cuivre* ou à un alliage ne contenant pas ce métal. On se rend facilement compte de cette différence par les considérations suivantes :

Dans tous les métaux ou alliages que nous avons passés en revue, le plomb a été amené à l'état de nitrate; et l'on sait que l'électro-

(1) A. Hollard, *L'Éclairage Électrique*, t. IX, p. 603, 26 décembre 1896.

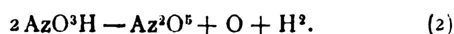
(2) A. Hollard, *L'Éclairage Électrique*, t. IX, p. 557, 19 décembre 1896.

lyse normale de ce nitrate donne lieu à la réaction.



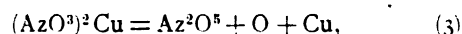
$$(AzO^3)^2Pb = \underbrace{Az^2O^5 + O}_{\text{Sur l'anode.}} + \underbrace{Pb.}_{\text{Sur la cathode.}} \qquad (1)$$

Le dépôt de plomb à l'état de bioxyde (PbO^2) sur l'anode nécessite un apport supplémentaire d'oxygène. Dans le cas d'un alliage ne contenant pas de cuivre, cet oxygène provient uniquement de l'électrolyse de l'acide libre :



$$2\,AzO^3H - Az^2O^5 + O + H^2. \qquad (2)$$

Dans le cas des alliages de cuivre, cet oxygène provient d'une part de l'électrolyse du nitrate de cuivre



$$(AzO^3)^2Cu = Az^2O^5 + O + Cu, \qquad (3)$$

et d'autre part de l'électrolyse de l'acide nitrique libre. On comprend donc que dans ce cas la quantité nécessaire de cet acide puisse être notablement diminuée.

Quant à la différence de la densité du courant, elle est expliquée par le fait que les produits séparés à la cathode et les réactions électrolytiques sont très différents en présence et en l'absence du cuivre.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES ET DES PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Sur une méthode de mesure des grandes résistances;

Par J. Schürr [1].

En voici le principe : dans le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, le mouvement du cadre devient périodique s'il est fermé sur une résistance suffisante et la période peut être considérée comme invariable pour des valeurs de cette résistance dépassant une certaine limite. Lorsque cette dernière condition est remplie, le produit de la résistance totale du circuit par la différence des décréments logarithmiques qui correspondent à la résistance donnée et à une résistance infinie est également constant. Par conséquent, ce produit une fois connu pour un galvanomètre donné, la mesure d'une résistance consistera simplement dans la détermination de deux décréments.

Pour démontrer la constance du produit de la résistance totale par la différence des décréments, considérons l'équation différentielle du mouvement du cadre,

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\frac{\delta}{\tau}\frac{d\varphi}{dt} + \left(\left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{\tau}\right)^2\right)\varphi = 0, \qquad (1)$$

φ étant l'amplitude du cadre oscillant à l'instant t, τ la période de l'oscillation et δ le décrément, dont la valeur est donnée par l'expression

$$\delta = \frac{1}{n}\log\frac{\varphi_0}{\varphi_n},$$

où n désigne le nombre de périodes écoulées quand le cadre oscille entre les amplitudes φ_0 et φ_n.

Le coefficient du second terme de l'équation différentielle, c'est-à-dire l'amortissement, comprend deux termes : le premier, $\frac{H^2S^2}{R}$, qui est dû à l'induction du champ magnétique H sur la bobine mobile de surface totale S, la résistance totale étant R (circuit extérieur compris); le second μ, dû à la raideur du fil et à la résistance de l'air. On a donc :

$$2\frac{\delta}{\tau} = \frac{1}{\Sigma mr^2}\left(\frac{H^2S^2}{R} + \mu\right), \qquad (2)$$

ou

$$\left(\delta - \frac{\tau\mu}{2\Sigma mr^2}\right)R = \frac{H^2S^2\tau}{2\Sigma mr^2}. \qquad (2)'$$

En circuit ouvert on a

$$R = \infty,$$

$$\delta' = \frac{\tau\mu}{2\Sigma mr^2};$$

par suite

$$(\delta - \delta')\,R = \text{constante}, \qquad (3)$$

si l'on admet que τ est invariable.

[1] *Journal de Physique*, 3e série, t. VII, p. 598, octobre 1898.

L'expérience montre que l'on peut admettre ce dernier point. Ainsi, pour une bobine de 220 ohms et une résistance extérieure de 5 000 ohms, la période est égale à 0,83 seconde, tandis qu'en circuit ouvert elle est de 0,82 seconde. Une erreur de un centième de seconde étant possible pour des oscillations rapides et en nombre assez restreint, on regardera la période comme constante pour des résistances variant de 5 000 ohms à l'infini.

On arrive d'ailleurs à la même conclusion par le calcul. Si l'on néglige les effets de self-induction qui contribuent encore à l'amortissement, et que l'on prenne $C\varphi$ au lieu de $C \sin \varphi$ pour le couple de torsion, le coefficient du terme en φ de l'équation (1) a pour valeur

$$\left(\frac{2\pi}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{\tau}\right)^2 = \frac{C}{\Sigma mr^2},$$

d'où l'on tire, en tenant compte de la relation (2),

$$\tau^2 = \frac{1 + \frac{\delta^2}{(2\pi)^2}}{\frac{1}{(2\pi)^2} \times \frac{C}{\Sigma mr^2}}.$$

Or, à partir de 5 000 ohms, $\frac{\delta^2}{(2\pi)^2}$ est plus petit que un centième ; puis cette quantité va rapidement en décroissant, de sorte que, pour le galvanomètre dont il vient d'être question, on peut poser $\tau^2 = 0{,}67\,(1 + \varepsilon)$, ε étant inférieur à un centième.

Le mode opératoire est le suivant : on commence par lancer un courant dans la bobine seulement pour lui communiquer une déviation initiale φ_0 ; puis, on supprime le courant à l'aide d'un commutateur qui ferme aussitôt le circuit de la bobine sur la résistance à mesurer, on compte n périodes et on observe la déviation φ_n qui termine la n^e période. En recommençant une seconde fois la même opération, on peut apprécier φ_n avec une erreur de un quart de division.

L'auteur s'est assuré de l'exactitude de la méthode en mesurant ainsi la résistance de traits de graphite et en comparant les résultats obtenus avec ceux qui donnent d'autres méthodes. Du tableau où sont consignés ces résultats il résulte qu'à partir de 5 000 ohms environ on peut compter sur une exactitude au centième.

La méthode est applicable aux solutions salines, les courants d'induction ne produisant pas de polarisation à cause de leur alternance. L'auteur a ainsi mesuré la résistance spécifique à 18° C de solutions aqueuses de sulfate de cuivre cristallisé renfermées dans des tubes cylindriques de 0,5 cm² de section. Le tableau ci-dessous indique les résultats et les données des expériences. La première colonne donne le nombre n des oscillations observées ; la seconde, les résistances en ohms déduites de la formule (3), la valeur de la constante (1 600) ayant été déduite des expériences précédentes sur les traits de graphite ; les deux colonnes suivantes donnent la distance d des électrodes et la richesse r du liquide ; la sixième indique la valeur de la résistance spécifique en ohms-centimètres déduite de l'*augmentation* de résistance observée quand la distance des électrodes passe de 5 à 16 cm, car au-dessous de 5 cm la proportionnalité de la résistance à la longueur ne se vérifie pas, comme le constate l'auteur, les irrégularités de la distribution du courant entre les électrodes prenant alors trop d'importance ; la huitième indique le nombre m d'équivalents en grammes par litre ; enfin la dernière, la résistivité moléculaire ρ_m en ohms-centimètres.

Mesures des résistivités de dissolutions de sulfate de cuivre

n	$\delta - \delta'$	R	d	r	ρ	m	ρ_m
25	0,0570	28 000	5 cm	$\frac{1}{1\,000}$	1 200	$\frac{1}{80}$	15
25	0,0396	40 000	10 »				
50	0,0127	126 000	5 »	$\frac{1}{10\,000}$	9 000	$\frac{1}{800}$	11,25
50	0,0074	216 000	10 »				
50	0,0028	216 000	5 »	$\frac{1}{100\,000}$	57 300	$\frac{1}{8\,000}$	7,12
50	0,0014	1 143 000	10 »				

L'auteur fait remarquer que les valeurs de ρ et ρ_m relatives à la solution la plus diluée sont, sans doute, trop faibles, attendu que pour les grandes dilutions, la résistance moléculaire du sel est comparable à celle des impuretés de l'eau.

Il faut aussi observer que si les électrodes ne sont pas identiques avec les métaux en dissolution, il y a polarisation de ces électrodes et que dès lors la méthode n'est applicable que si la polarisation reste invariable pendant la mesure d'un décrément; celui-ci aurait alors pour valeur

$$\frac{1}{n} \log \frac{\varphi_1 - \varphi_1}{\varphi_n - \varphi_1},$$

où φ_1 représente la déviation due au courant de polarisation.

J. R.

Action mutuelle de deux circuits ; application à la mesure des pouvoirs inducteurs ;

Par J.-A. ERSKINE[1].

Soient deux circuits dont les résistances sont R_1, R_2, qui renferment des capacités C_1,

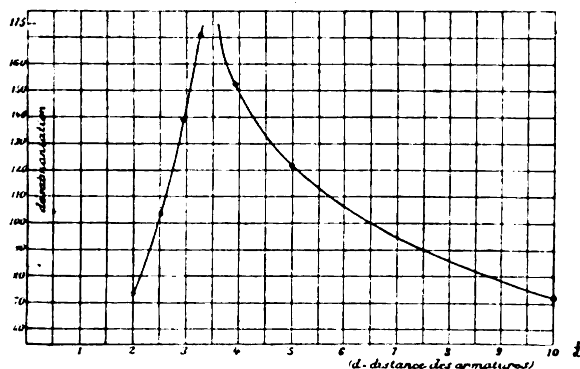


Fig. 1.

C_2; soient L_1 et L_2, leurs coefficients de self-induction et M leur coefficient d'induction mutuelle.

Les intensités i_1 et i_2 des courants dans les deux circuits sont représentées par des fonctions de la forme :

$$\begin{cases} i_1 = A_1 e^{-q_1 t} \sin p_1 t + C_1 e^{-q_1 t} \cos p_1 t \\ \qquad + B_1 e^{-q_2 t} \sin p_2 t + D_1 e^{-q_2 t} \cos p_2 t, \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_2 = A_2 e^{-q_1 t} \sin p_1 t + C_2 e^{-q_1 t} \cos p_1 t \\ \qquad + B_2 e^{-q_2 t} \sin p_2 t + D_2 e^{-q_2 t} \cos p_2 t, \end{cases}$$

dans lesquelles $-q_1 \pm p_1$, $-q_2 \pm p_2$ sont les racines de l'équation :

$$\left(1 - \frac{M^2}{L_1 L_2}\right) x^4 + \left(\frac{R_1}{L_1} + \frac{R_2}{L_2}\right) x^3 + \left(\frac{1}{C_1 L_1} + \frac{1}{C_2 L_2} + \frac{R_1 R_2}{L_1 L_2}\right) x^2 + \left(\frac{R_1}{L_1 L_2 C_2} + \frac{R_2}{L_2 L_1 C_1}\right) x + \frac{1}{L_1 C_1 L_2 C_2} = 0.$$

En faisant une approximation qui est d'autant plus rigoureuse que M est plus petit et, qui entraînerait une erreur appréciable seulement si $p_1^2 - p_2^2$ était petit, on trouve que le courant secondaire i_2 est la superposition de deux oscillations dont les amplitudes sont inversement proportionnelles à leurs périodes et qui ont, au début, une différence de phase voisine d'une demi-période.

Quand $\frac{M^2}{L_1 L_2}$ est assez grand pour que

$$(p_1^2 + q_1^2) - (p_2^2 + q_2^2)$$

ne soit pas petit, i_2 atteint sa valeur maxima quand $p_1^2 - p_2^2$ est minimum.

Si $p_1^2 - p_2^2$ diminue, les amplitudes des deux vibrations se rapprochent l'une de l'autre : et l'amplitude finit par être sensiblement indépendante de la période. Par conséquent les déterminations de la capacité sont plus exactes quand $p_1^2 - p_2^2$ n'est pas trop petit.

L'intensité i_2 atteint sa valeur maxima après un nombre assez considérable de vibrations : il faut donc toujours tenir compte de l'amortissement et il est important que pendant la détermination il ne se produise pas de changement dans la résistance.

Application. — Comme i_2 varie rapidement

---

[1] *Wied. Ann.*, LXVI, p. 269-283, octobre 1898.

avec C_2 quand on donne une valeur convenable à C_1, on peut utiliser le phénomène pour la comparaison des capacités, si on dispose d'un indicateur de courant convenable. Rutherford emploie une aiguille aimantée, suivant un procédé utilisé aussi par l'auteur(¹). Dans le circuit primaire se trouve un condensateur chargé par une machine de Holtz ou de Voss, un micromètre à étincelles et une bobine.

La bobine secondaire n'est pas entrée dans la bobine primaire, mais disposée de manière que leurs axes soient dans le prolongement l'un de l'autre et leurs extrémités distantes de quelques centimètres : dans ces conditions M^2 est petit vis-à-vis de $I_1 I_2$ et i_2 varie rapidement quand on fait varier C_2. Le circuit secondaire renferme de plus une petite bobine à l'intérieur de laquelle se trouve l'aiguille aimantée.

La sensibilité augmente quand la longueur de l'aiguille diminue et, quand on emploie

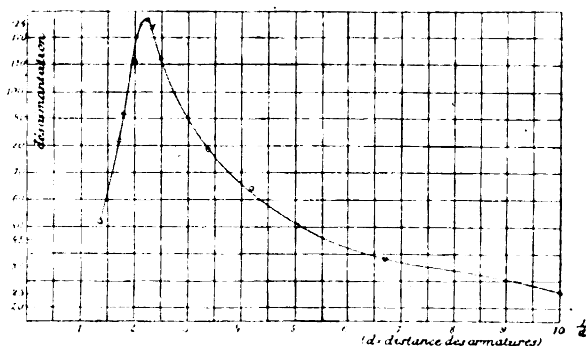


Fig. 2.

un faisceau, augmente avec le nombre des aiguilles : la sensibilité est d'autant plus grande que la perméabilité est plus faible. Elle dépend aussi de l'aimantation initiale de l'aiguille ; elle augmente avec cette aimantation et passe par un maximum.

Pour une valeur convenablement choisie de C_1, la variation de i_2 avec C_2 est très rapide, comme le montrent les courbes des figures 1 et 2. Si on veut mesurer une capacité inconnue, on fait l'expérience successivement avec cette capacité, puis avec un condensateur de Kohlrausch dont on fait varier la distance des armatures jusqu'à obtenir la même désaimantation de l'aiguille.

Le pouvoir inducteur des liquides se mesure au moyen de condensateurs cylindriques en laiton (fig. 3 et 4). Le cylindre intérieur est

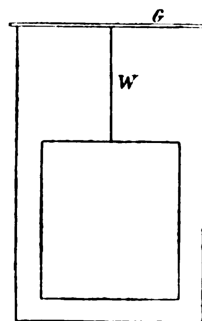


Fig. 3.

entièrement fermé : dans le condensateur de la figure 3, il est suspendu par le fil W à la tige de verre G : dans celui de la figure 4, le

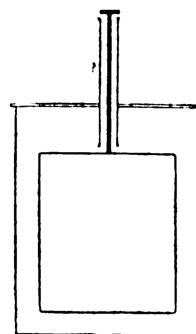


Fig. 4.

cylindre extérieur porte un couvercle ; le cylindre intérieur est supporté par une tige métallique qui passe à travers le couvercle, dont il est séparé par un tube de verre.

On compare au condensateur de Kohlrausch ces condensateurs cylindriques soit en y laissant l'air, soit en y mettant un liquide ; des capacités obtenues dans les deux cas, on déduit le pouvoir inducteur du liquide.

Cette méthode n'est pas applicable aux substances qui possèdent un pouvoir absor-

(¹) Cf. Erskine, *L'Éclairage Électrique*, t. XIV, p. 40.

bant considérable, parce que la variation de l'amortissement peut occasionner des erreurs notables.

Les défauts d'isolement se reconnaissent facilement en construisant la courbe de résonance des deux côtés du maximum ; ils provoquent une augmentation de l'amortissement et déplacent le maximum de telle sorte que la capacité trouvée est plus petite que la capacité réelle. M. L.

CHRONIQUE

Installation électrique de Naples, à haut potentiel et accumulateurs. — Voici, d'après M. Bonghi (*Atti della Assoc. Elettrotecnica ital.*, t. I, p. 117, 1898), la description de cette installation :

La station centrale pour la fourniture de l'énergie électrique à Naples est située place Cavour. Elle comprend 5 chaudières inexplosibles de 1000 m² de surface totale. La force effective des moteurs à vapeur est de 1 160 chevaux ; elle est engendrée par des moteurs de types très divers : à un cylindre, tandem, grande et petite vitesse, sans condensation. Les moteurs sont reliés aux dynamos soit directement, soit par courroie. Les dynamos fonctionnent entre 500 et 800 volts avec excitatrices spéciales ; mais elles peuvent être excitées avec des dynamos à bas potentiel qui servent pour l'alimentation d'un réseau peu étendu à trois conducteurs pour la station même et les environs.

Les dynamos peuvent être disposées en parallèle sur chacun des trois circuits à deux conducteurs qui vont alimenter trois sous-stations d'accumulateurs :

1° Sous-station de la place Depretis à 1 200 m ;

Huit groupes de 70 éléments du type 15L Electrical Power Storage ;

Deux groupes de 70 du type C 14 Tudor.

2° Sous-station de la galerie Humbert Ier à 2 200 m ;

Quatre groupes, type C 14 Tudor ;

Douze groupes, type C 9 Tudor.

3° Sous-station Toretta à 4 200 m :

Huit groupes, type 15 L. E. P. S.

Dans chaque sous-station, quatre groupes sont disposés en série de manière à former quatre sections séparées ; les autres groupes peuvent être mis en parallèle sur chaque section.

Les sous-stations sont reliées à la station centrale par une conduite primaire à deux conducteurs ; elles peuvent être alimentées séparément ou en parallèle entre elles. Chaque sous-station alimente deux réseaux distincts à trois conducteurs pour les abonnés d'éclairage. Quelques établissements importants, tels que le théâtre Saint-Charles (2 500 lampes), sont directement alimentés par un réseau à cinq conducteurs.

Les deux réseaux à 3 conducteurs ont un rayon maximum de 1 500 m, de sorte que les clients les plus éloignés de la station centrale en sont à 5 700 m.

Le potentiel primaire à l'arrivée aux sous-stations, varie de 400 à 550 volts, suivant le potentiel de départ des feeders des réseaux à trois conducteurs. En cas de surcharge, on peut atteindre 750 volts.

Pour la charge des éléments, on emploie un transformateur rotatif local, qui permet, même pendant la consommation maxima, d'égaliser l'emploi dans les diverses sections en relation avec le courant primaire. Le potentiel maximum de la station varie de 500 à 800 volts.

Les lampes à arc pour l'éclairage public sont placées en série de 10 sur la conduite primaire dans les sous-stations, d'où l'on produit l'allumage ou l'extinction. Il y a actuellement 130 lampes de 10 ampères, 10 lampes de 25 et 16 de 4 (Grotte de Posillipo). Pour l'éclairage privé il y a environ 40 000 lampes équivalant à 16 bougies.

La distribution de force motrice pour moteurs ou tramways est assurée par des réseaux spéciaux à 250 et 500 volts, qui partent des sous-stations ou de la station centrale.

Le courant primaire provenant des dynamos sert avec le courant de décharge des batteries à l'alimentation des clients, ou bien il produit la charge des éléments, soit pendant la décharge, soit quand ils ne servent pas, suivant les exigences du service. On a soin que le courant développé par les dynamos soit toujours le courant maximum qu'elles peuvent produire, de façon que le matériel mécanique et électrique travaille toujours à pleine charge. Pour répondre à une consommation plus forte dans diverses parties du réseau ou pour

utiliser tout le courant produit par les dynamos en marche, on dispose dans chaque section des batteries en parallèle qui permettent d'obtenir le régime le plus convenable pour la charge ou la décharge en relation avec la consommation des abonnés. Les batteries absorbent donc en se chargeant l'excès de courant des dynamos ou contribuent avec celles-ci à l'alimentation du réseau. Ceci s'obtient au moyen de commutateurs très simples, grâce auxquels on peut :

1° Assurer le service de distribution avec le courant des dynamos et des accumulateurs ;

2° Introduire ou retirer une batterie d'une section;

3° Exclure une ou plusieurs sections du service ;

4° Charger les accumulateurs dans une section, indépendamment du service des abonnés auquel pourvoient les autres batteries.

Pour modifier le potentiel au départ de chaque section ou compenser les variations de la force électromotrice pendant la charge et la décharge, on intercale des éléments, automatiquement ou non, de façon à maintenir constant le potentiel au centre des réseaux pour les divers régimes. Quelques appareils sont munis de résistances automatiques.

L'énergie vendue représente les 65 ou 70 p. 100 de l'énergie produite. Le fonctionnement à pleine charge produit une économie notable de combustible et de matériel, la consommation par kilowatt-heure n'atteint pas 2,8 kgr de charbon.

Le coût du changement des lames positives des accumulateurs s'est maintenu inférieur à celui que prennent habituellement les fournisseurs pour en assurer le fonctionnement. Le changement des positives Tudor a eu lieu en moyenne au bout de cinq ans et celui des lames E. P. S. tous les trois ans au maximum.

L'installation décrite a été exécutée en 1889-90. G.

Le chemin de fer électrique du Fayet à Chamonix et à la frontière suisse. — Dans une des dernières livraisons de la *Revue générale des chemins de fer*, M. Auvert, ingénieur du service central du matériel de la Compagnie du P. L. M., fournit des renseignements intéressants sur les installations d'essais faites par cette Compagnie en vue de l'application de la traction électrique aux chemins de fer.

La première application de ce genre est celle qui a été faite en 1894 sur l'embranchement minier de Montmartre à la Béraudière. Nous avons déjà décrit cette installation (t. III, p. 41), qui n'était d'ailleurs que provisoire. Son but n'était en effet que de permettre d'utiliser pendant quelque temps le tunnel de Montmartre qui menaçait ruine et que les boisages effectués pour la consolidation avaient encombré au point de ne plus laisser l'espace suffisant pour le passage des locomotives à vapeur employées auparavant. Depuis mai 1896, cette ligne est abandonnée et les puits qu'elle desservait son aujourd'hui desservis par un nouvel embranchement sur lequel la traction se fait par locomotives ordinaires. L'installation ne présentait d'ailleurs aucune autre particularité intéressante que d'être la première de ce genre faite en France : la locomotive consistait en un fourgon muni d'un moteur de 30 chevaux ; le courant lui était amené à 360 volts, par un conducteur latéral ; sa vitesse ne dépassait pas 7 à 8 kilomètres : heure.

La seconde application est l'installation de la ligne, actuellement en construction, qui doit aller du Fayet, près de Saint-Gervais-les-Bains (Haute-Savoie), à Chamonix et à la frontière suisse. Cette ligne, dont la voie est à l'écartement de 1 m et dont la longueur sera de 38 km, remontera, pendant 30 km environ à partir du Fayet, la vallée de l'Arve où seront situées les usines génératrices d'électricité. La section de la ligne comprise entre Chamonix et la frontière suisse ne sera entreprise que postérieurement.

Voici sur cette ligne quelques renseignements, extraits du mémoire de M. Auvert, qui compléteront ceux qui ont été donnés antérieurement (*supplément* du 18 juin 1898, t. XV, p. XCX) :

Section du Fayet à Chamonix. — Cette première section sera alimentée en énergie électrique par deux usines génératrices placées, l'une près du km 5 (usine de Servoz), l'autre près du km 8 (usine des Chavants).

Usine de Servoz. — L'usine de Servoz produira du courant continu à la tension de 550 volts.

Elle comprendra 4 dynamos de 200 kilowatts à excitation compound, actionnées directement par une turbine centrifuge à axe horizontal de 325 chevaux. Deux dynamos auxiliaires de 40 kilowatts, actionnées chacune directement par une turbine à axe horizontal de 60 chevaux serviront d'excitatrices pour les grosses dynamos génératrices. Le service du chemin de fer sera normalemennt assuré par 3 dynamos de 200 kilowatts, la quatrième servant de réserve.

Le pôle négatif des dynamos génératrices sera relié aux rails de la voie du chemin de fer. Le pôle positif sera relié à un conducteur de prise de cou-

rant établi latéralement à la voie près du sol. Ce conducteur sera constitué par un rail d'acier semblable à ceux de la voie courante, supporté par des isolateurs en grès et fonte, fixés directement sur les traverses au moyen de tirefonds.

Des joints spéciaux assureront la continuité électrique du conducteur isolé et des rails de la voie.

Usine des Chavants. — L'usine des Chavants aura une disposition analogue à celle de l'usine de Servoz.

Elle comprendra 4 dynamos de 200 kilowatts à excitation compound, actionnées chacune directement par une turbine centripète à axe horizontal de 325 chevaux. Comme à l'usine de Servoz, 2 dynamos auxiliaires de 40 kilowatts, dont une de réserve, actionnées chacune directement par une turbine centrifuge à axe horizontal de 60 chevaux, serviront d'excitatrices pour les grosses dynamos génératrices. Trois groupes générateurs seront normalement utilisés pour le service du chemin de fer et le quatrième groupe servira de réserve.

Le pôle négatif des dynamos génératrices sera relié aux rails de la voie, au km 9, tandis que le pôle positif sera relié au conducteur de prise du courant par un conducteur aérien établi le long de la ligne et d'une longueur telle que le point de jonction sera reporté au km 13.

La tension maxima aux bornes des dynamos sera de 670 volts environ ; cette tension sera variable automatiquement suivant le débit, mais la différence de tension entre le point de jonction du conducteur positif aérien avec le conducteur de prise de courant, et le point de jonction du conducteur négatif avec les rails de la voie, sera sensiblement constante et égale à 550 volts.

Section de Chamonix à la frontière suisse. — La disposition des installations électriques fixes de la section de Chamonix à la frontière suisse n'est pas encore définitivement arrêtée, mais elle sera vraisemblablement la suivante :

Cette section sera desservie par une seule usine, l' « usine des Tines », placée près du km 24 et alimentée comme les usines de Servoz et des Chavants par l'eau de l'Arve.

Cette usine aura la même disposition que l'usine des Chavants et la tension aux bornes des dynamos variera de 550 à 700 volts.

Le pôle négatif des dynamos sera relié aux rails de la voie au point le plus voisin, mais le pôle positif sera relié au conducteur de prise de courant par un conducteur aérien, au point kilométrique 29,200, et la différence de tension entre le point de jonction du conducteur positif aérien avec le conducteur de prise de courant, et le point de jonction du conducteur négatif avec les rails de la voie, sera sensiblement constante et égale à 550 volts.

Matériel roulant. — Les rampes de la ligne du Fayet à Chamonix et à la frontière suisse seront très fortes et atteindront en certains points 80 et même 90 mm par mètre.

Avec de telles inclinaisons, la traction par locomotives ne pourrait se faire qu'en employant des machines électriques fonctionnant tantôt avec l'aide d'une crémaillère, tantôt par simple adhérence, et analogues aux locomotives à vapeur système Abt.

De telles locomotives pourraient évidemment être construites, mais elles présenteraient forcément un grand nombre de dispositions nouvelles et pour arriver à les faire fonctionner d'une manière irréprochable il faudrait sans doute procéder à des essais assez longs.

Pour obvier à ces difficultés et éviter l'emploi de crémaillères, on s'est décidé à faire usage exclusivement de véhicules automoteurs ; l'adhérence sera alors largement suffisante pour assurer la marche, même en rampe de 90 mm.

Comme il sera nécessaire de transporter à la fois un assez grand nombre de voyageurs, au moins dans la section du Fayet à Chamonix, l'exploitation se fera par trains de cinq véhicules au maximum entre le Fayet et Chamonix, et par trains de trois véhicules au maximum entre Chamonix et la frontière suisse. Tous ces véhicules seront munis de deux moteurs à simple réduction de vitesse d'une puissance de 50 chevaux chacun.

Ils seront de trois sortes : des fourgons pour bagages et messageries, des voitures à voyageurs à couloir central et plate-forme à chaque extrémité contenant 32 places de voyageurs de 1re et 2e classes et enfin des wagons à marchandises.

Le premier véhicule de chaque train sera toujours un fourgon, à l'avant duquel se trouvera un compartiment pour le mécanicien qui, ainsi qu'on le verra plus loin, manœuvrera à distance les appareils de tous les véhicules.

Chaque véhicule sera muni de frotteurs qui glisseront sur la partie supérieure du conducteur de prise de courant et recueillera ainsi directement le courant nécessaire au fonctionnement de ses moteurs.

Chaque véhicule sera également muni d'un appareil régulateur placé sur l'une des plates-formes et servant à la mise en marche des moteurs en avant

ou en arrière, ainsi qu'au réglage du courant.

Chaque régulateur pourra être manœuvré à la main par un agent monté sur la plate-forme; mais lorsque plusieurs véhicules seront attelés derrière un fourgon et formeront un train, leurs appareils régulateurs seront tous manœuvrés simultanément par des servo-moteurs pneumatiques installés sous les châssis des plates-formes et reliés au moyen de deux conduites semblables à celles du frein Westinghouse, à un appareil de commande unique sur lequel agira le mécanicien du train placé dans le compartiment d'avant du fourgon de tête.

Ces appareils que la Compagnie P.-L.-M. a fait breveter en février 1895 sont aujourd'hui dans le domaine public. Chaque véhicule sera muni d'un frein à sabots agissant à la manière ordinaire sur les jantes des roues et qui pourra être serré soit directement à la main, par un agent monté sur le véhicule. soit à distance, au moyen de l'air comprimé à la façon du frein Westinghouse.

Toutefois, comme les freins à sabots ont leur action limitée par l'adhérence, ils seraient insuffisants pour obtenir l'arrêt rapide d'un train lancé à une certaine vitesse sur des pentes telles que celles qu'on rencontrera sur la ligne de Chamonix; chaque véhicule sera, en conséquence, muni d'un frein de sûreté supplémentaire constitué essentiellement par deux mâchoires agissant par pression horizontale sur les faces latérales d'un rail surélevé qui sera placé dans l'axe de la voie toutes les fois que l'inclinaison dépassera 40 mm.

On conçoit que l'action d'un tel frein puisse être aussi énergique qu'on le désire.

Ce frein à mâchoires pourra comme le frein à sabots être manœuvré directement à la main, ou à distance au moyen de l'air comprimé.

Conductivité de l'aluminium. — M. Edwin-F. NORTHRUP vient de publier dans *The Electrical World* (3 décembre, p. 598) les résultats d'essais qu'il a faits sur des tiges d'aluminium de la Pittsburg Reduction Company.

La méthode employée est celle du potentiomètre : un premier circuit comprend une batterie d'accumulateurs, une résistance de 1 centième d'ohm constituée par 10 bobines de 1 dizième d'ohm connectées en parallèle, une balance Kelvin et enfin une résistance réglable. Dans un second cricuit sont disposés les mêmes appareils, avec cette seule différence que la résistance connue de 1 centième d'ohm s'y trouve remplacée par la tige d'aluminium dont on veut la conductivité. Une extrémité de cette tige est connectée à une extrémité de la résistance connue du premier circuit; l'autre extrémité de la résistance est reliée à une borne d'un galvanomètre Deprez-d'Arsonval très sensible, dont l'autre borne communique avec un contact glissant sur la tige d'aluminium.

Pour faire une mesure, on règle l'intensité du courant dans le premier circuit, de manière que sa valeur atteigne 0,25 ou 0,2 ampère; on a alors une différence de potentiel de 0,0025 ou 0,0020 volt entre les extrémités de la résistance connue. On amène ensuite l'intensité dans le second circuit à être égale à 2,5 ampères et on fait varier la position du contact glissant sur la tige d'aluminium, de manière à ce que le galvanomètre reste au zéro quand on ferme son circuit, On a ainsi toutes les données nécessaires pour calculer la résistance d'une portion de la tige d'aluminium, et, connaissant les dimensions de cette portion, on en déduit la conductivité du métal.

Toutes les corrections nécessaires à la précision des mesures ont été faites et l'auteur estime que l'on peut compter sur une approximation d'au moins 0,5 p. 100.

Ces mesures ont porté sur cinq échantillons, dont trois d'aluminium pur. Les résultats de ces mesures sont indiqués dans le tableau suivant, ou la première colonne de chiffres indique la longueur l en centimètres de la portion de la tige nécessaire pour arriver à l'équilibre dans le circuit galvanométrique; la seconde, la section s, en cm^2 des tiges; la troisième la conductivité k de l'échantillon, celle du cuivre étant égale à 100. Pour les cinq premiers essais l'intensité du courant dans le premier circuit était de 0,25 ampère; pour le dernier l'intensité étant de 0,20 ampère.

	l	s	k
Al pur	46,10 cm	0,13184	61,59
Al pur	29,00	0,08302	61,59
Al avec 0,75 p. 100 Cu.	67,75	0,1165	56,37
Al pur	73,46	0,2105	61,45
Al avec 0,5 p. 100 Cu..	71.43	0,2704	58,16

On voit que l'addition d'une faible quantité de cuivre, métal plus conducteur que l'aluminium abaisse dans une assez forte proportion la conductivité.

Le Gérant: C. NAUD.

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

Théories, Conducteurs Électrolytes et Diélectriques.

Décharge électrique.

Oscillations hertziennes.

Rayons Rœntgen, Rayons Becquerel, etc.

Magnétisme.

Sources d'électricité.

Électricité atmosphérique et magnétisme terrestre.

Électro-optique.

Électrobiologie.

APPLICATIONS

Génération, transformation de l'énergie.

Distribution de l'énergie électrique.

Applications mécaniques.

Traction.

Télégraphie et Téléphonie

Applications thermiques.

Éclairage.

Électrochimie et Électrométallurgie.

MESURES

DIVERS

Bibliographie.

Sociétés savantes, Congrès, etc.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

C

D

E

G

H

J

K

L

NOUVELLES

LES NOUVEAUX ACCUMULATEURS « PHŒBUS »

Les applications de plus en plus nombreuses des accumulateurs ont amené à étudier deux points spéciaux dont la solution a été cherchée dans les différentes dispositions adoptées par les constructeurs.

Ce sont : *la grande capacité spécifique et la longue durée en service industriel.*

L'accumulateur à pâte, type Faure, est actuellement le plus répandu comme remplissant le mieux ces conditions.

Les accumulateurs à oxydes rapportés peuvent seuls, en effet, avoir une capacité suffisante pour répondre aux exigences actuelles. Mais les types les plus fréquemment employés, types à pastilles ou alvéoles, se détruisent rapidement à cause des défauts suivants :

1° Déformation et destruction des plaques par suite du gonflement et du rétrécissement de la matière active dans les cadres ;

2° Mauvais contact entre les pastilles et les cloisons pour la même raison que précédemment ;

3° Chute des pastilles qui laissent les alvéoles vides et par conséquent inactifs.

Nous ne nous occupons pas des plaques à grande capacité de certains types dont l'âme est supprimée ou dont les cadres trop faibles n'ont pas une résistance mécanique suffisante : la pratique les a condamnés pour leur durée par trop courte.

Du système de construction des électrodes dépendent évidemment le bon rendement de l'accumula-

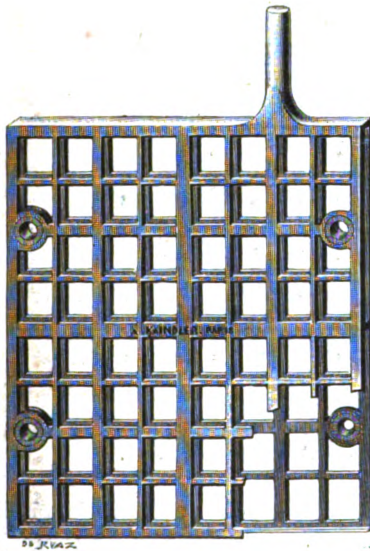


Fig. 1. — Plaque de l'accumulateur Phœbus.

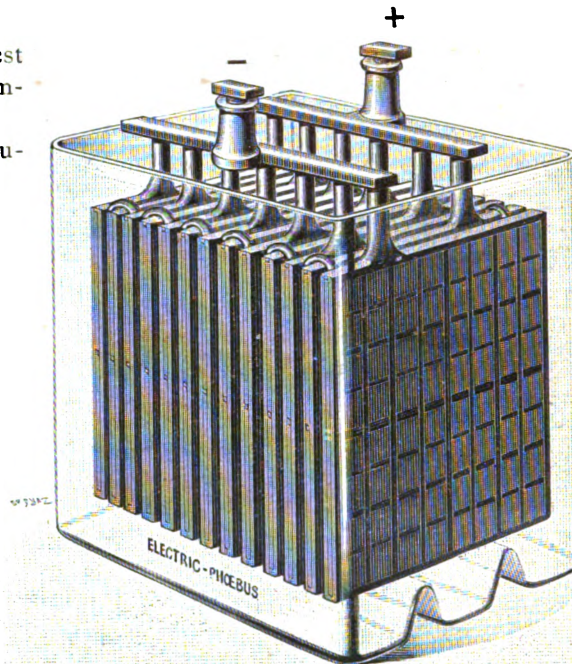


Fig. 2. — Elément de l'accumulateur Phœbus monté dans un bac en verre.

teur, sa durée en service et ses frais d'entretien. Ces considérations nous ont amené à un modèle perfectionné dont les bons résultats ont été confirmés par de nombreuses expériences et par un service prolongé.

Aux défauts précédemment cités on a remédié dans l'accumulateur *Phœbus* par le système de construction suivant :

1° La plaque présente dans son ensemble deux parois grillagées parallèles maintenues écartées et rendues solidaires par des entretoises : le tout est en plomb antimonié venu de fusion.

La grille ainsi constituée présente une grande solidité mécanique, tout en ayant la plus grande légèreté possible. C'est un poids mort réduit à son minimum.

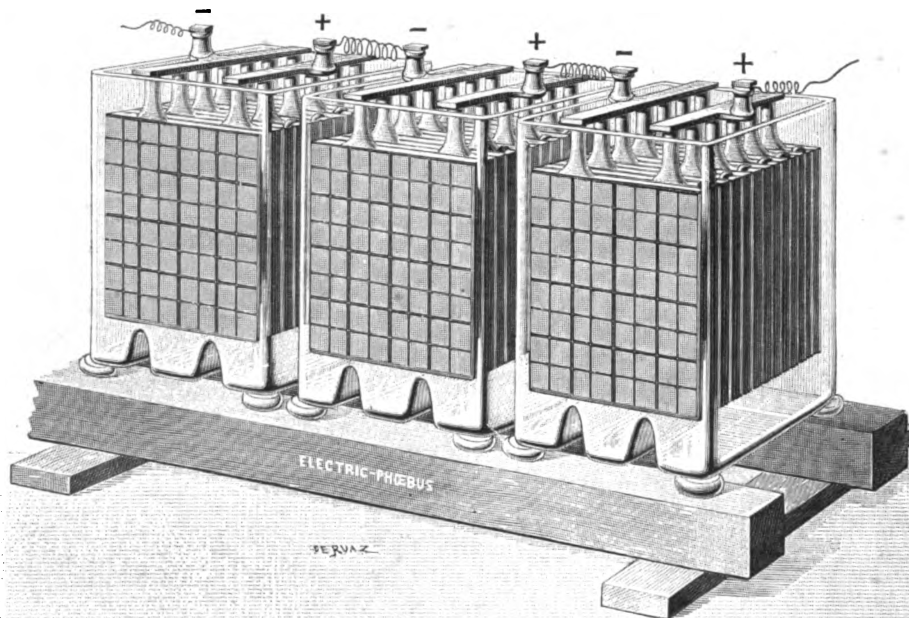


Fig. 3. — Ensemble d'une batterie de trois éléments Phœbus montés dans des bacs en verre.

Ce dispositif à grillage est breveté.

2° L'adhérence parfaite et permanente entre le grillage et la matière active est obtenue par la composition du mélange qui est tenue secrète. Cette matière, une fois formée, est d'une porosité extrême jointe à une grande élasticité : ces deux particularités offrent l'avantage si important d'éviter le foisonnement des positives à la charge.

Grâce au dispositif des plaques et à l'état physique de la matière en question, celle-ci ne se détache pas du grillage pendant l'usage, et cet accumulateur, ainsi que nous en avons la preuve expérimentale, peut être mis dans toutes les mains et résiste à un travail industriel suivi.

3° Chaque plaque étant ainsi formée de deux grillages entretoisés, la matière active constitue non plus une réunion de pastilles isolées pouvant s'échapper de leurs alvéoles, mais bien une masse continue et cohérente remplissant de chaque côté les cases des grillages : elle ne peut donc plus quitter les supports en plomb qui forment la partie résistante de la plaque.

Il est important d'attirer l'attention sur le rapport du poids du grillage à celui de la matière active, rapport qui est 1/1.

Dans ces conditions, la capacité utile du nouvel accumulateur est très élevée.

Il faut aussi, pour remplir cette dernière condition, que les matières employées soient parfaitement homogènes et d'excellente qualité. Aussi la Société n'emploie-t-elle que des produits choisis avec soin et d'une grande pureté.

Nos appareils, grâce à leur bonne construction et à leur solidité, ne nécessitent comme soin journalier que la vérification de la hauteur du liquide, dont le niveau doit toujours surmonter les plaques de un centimètre au moins cette vérification doit être faite au moment de mettre en charge; s'il est nécessaire d'ajouter un peu d'eau acidulée, celle-ci doit être au même degré que celle où baignent les plaques. Elle doit marquer 20° Beaumé au début de la charge et 26° à la fin. A ce degré, la force électromotrice est de 2,5 v; c'est le point qu'il est inutile de dépasser, le courant ne produisant plus aucune réaction chimique appréciable dans l'appareil; cependant nos accumulateurs peuvent, si on le désire, supporter parfaitement une surcharge.

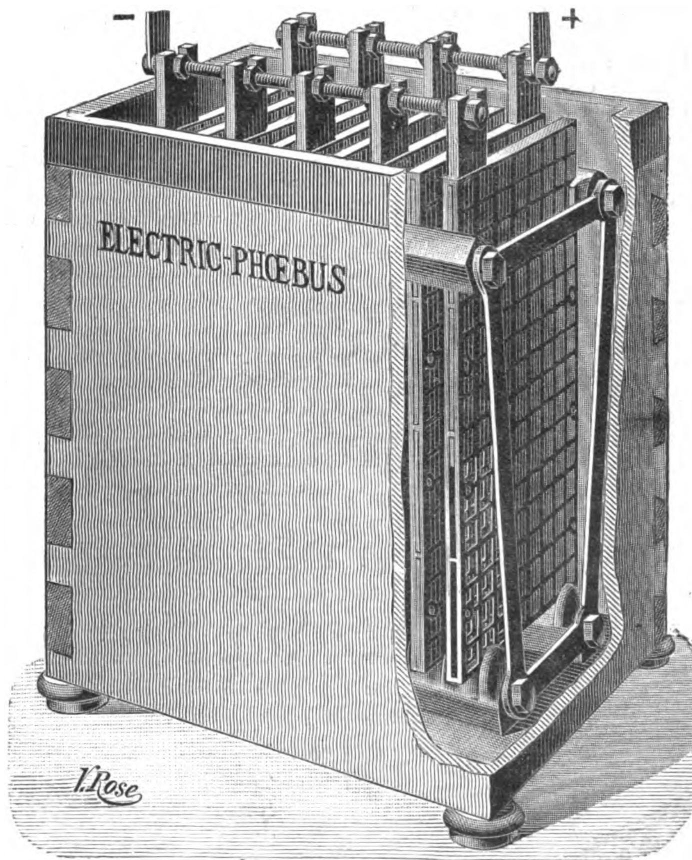


Fig. 4. — Vue en perspective d'un élément à plaques de 220 × 100 × 8 mm.

. En résumé, *l'accumulateur « Phœbus », par son grand rendement, son élasticité, sa résistance aux chocs et aux démarrages, constitue un appareil de premier ordre pour les applications de toute espèce, y compris les questions de traction électrique, éclairage des voitures et des trains, propulsion de bateaux, etc.*

Nous donnons ci-dessous les résultats des expériences faites sur l'accumulateur « Phœbus » par M. L. Godefroy, docteur ès sciences, ancien professeur de chimie à la Faculté catholique de Paris.

Les rendements ont été déterminés officiellement par le Laboratoire central d'Electricité à Paris, sur un petit accumulateur (le premier fabriqué, encore imparfait) dont voici les dimensions et poids :

Nombre des plaques positives.	3.
Nombre des plaques négatives.	4.
Dimensions des plaques. . 90 mm × 110 mm × 6 mm.	
Poids total des plaques.	3 210 gr.
Poids total de l'élément monté.	4 700 »
La charge a été faite au régime moyen de.	3,4 A.
La décharge » »	3,1 »
La quantité d'électricité donnée a été. . .	51 AH.
La quantité d'électricité rendue.	42 »
La décharge a été arrêtée quand la différence de potentiel aux bornes était de.	1,80 volt.

Ces résultats officiels, bien qu'intéressants, ne représentent au fond qu'une expérience de laboratoire : des essais industriels suivis étaient nécessaires; ils ont été entrepris par nous et ont duré plus de six mois ; en voici les résultats :

La batterie que nous avons montée est composée de douze éléments.

Chaque élément contient :

9 plaques dont 4 positives et 5 négatives.

Les dimensions des plaques sont 220 mm × 100 mm × 8 mm.

Le poids approximatif de chaque plaque est de 1,140 kg.

Cette batterie n'a pu être montée que trois mois après son arrivée à l'usine ; les plaques déjà formées sont restées à sec pendant tout ce temps ; elles étaient fortement et profondément sulfatées au moment de leur mise en activité ; elles se trouvaient donc dans des conditions défavorables.

La batterie a fonctionné sans relâche depuis les premiers jours de février.

Les charges sont faites au régime fort de 8 ampères ; elles durent sept heures environ.

Les décharges se font normalement sur 6 lampes de 10 bougies fonctionnant en dérivation.

La force électromotrice moyenne pendant la décharge est de 23,5 volts, on arrête et on recharge lorsque le voltage descend à 22,5 volts.

Dans ces conditions, la décharge dure (suivant les circonstances secondaires) dix à onze heures.

La batterie d'accumulateurs est conduite par un simple ouvrier ne connaissant pas un mot d'électricité ; cependant elle a toujours fonctionné régulièrement sans le moindre accroc et aujourd'hui elle est encore en parfait état.

Quelques expériences ont été faites dans le but de déterminer la résistance de cette batterie à la décharge spontanée.

Première expérience. — Dès les premiers temps de son fonctionnement, la batterie une fois chargée a été abandonnée à elle-même ; chaque jour on allumait les six lampes pendant quelques minutes afin de se rendre compte de l'état de la charge : dans ces conditions elle a conservé sa force

électromotrice normale pendant quatorze jours; ce n'est que vers le quinzième que le voltmètre commença à baisser, on jugea alors opportun de la recharger à nouveau.

Deuxième expérience. — Ce premier résultat a été contrôlé par une nouvelle expérience qui montre que la capacité de la batterie a été augmentée par l'usage.

L'usine devant subir un chômage normal, on a eu soin de charger la batterie avant d'éteindre les feux ; depuis cette époque on a allumé les six lampes de temps en temps, on a même lancé le courant sur la dynamo pour la faire tourner, néanmoins, vingt jours après, le voltmètre marquait encore 23,5 et la batterie allumait ses six lampes sans faillir.

Le 28e jour la force électromotrice était de.			18 volts.
Le 31e jour	»	»	15 »
Le 35e jour	»	»	14 »

La batterie fut alors rechargée.

Troisième expérience. — Dans les premiers jours de juillet l'accumulateur une fois chargé a été démonté pièce par pièce; *toutes les plaques* ont été sorties du bain, essuyées, frottées, puis remises en place ; le voltmètre marquait encore 23,5 ; la batterie fut ensuite abandonnée à elle-même ; chaque jour on allumait les six lampes quatre ou cinq minutes, quelquefois plus, et on notait la force électromotrice. Le dix-neuvième jour elle était encore de 22 volts lorsqu'une seule lampe était allumée, mais elle descendait à 19 si l'on activait les six lampes à la fois.

Le nouvel accumulateur joint donc à une grande capacité une grande résistance à la décharge spontanée, ce qui le rend très précieux.

Signé : L. GODEFROY.

La Société, qui a ses ateliers à Paris, est à même de répondre à toutes les demandes qui lui seront faites en s'adressant à M. A. KAINDLER, ingénieur-constructeur, 60, rue Saint-André-des-Arts, Paris.

Le concours d'accumulateurs pour automobiles, de l'Automobile-Club. — Ainsi que nous l'avons annoncé il y a quelques mois, l'Automobile Club a décidé d'organiser un concours en vue d'obtenir des renseignements pratiques sur les causes de dégradation des accumulateurs destinés au service des fiacres électriques. La date du concours est fixée au 1er janvier 1899.

Pour pouvoir faire des essais assez prolongés il fallait renoncer à étudier les accumulateurs en service sur les voitures et on a dû se résigner à les essayer dans un laboratoire en les soumettant aux mêmes variations de régime de décharge que celles qui ont été constatées pendant le récent concours de fiacres.

Les conditions du concours ne sont pas encore complètement arrêtées; voici néanmoins celles qui paraissent devoir l'être:

Chaque constructeur présentera des *éléments* d'une même surface déterminée. Afin que l'on puisse avoir une moyenne, ces éléments seront au nombre de cinq.

Tous les éléments concurrents seront montés en série. Un appareil automatique, disposé de manière à répéter exactement les variations de force électromotrice et d'intensité constatées dans le concours, comme résultant du service de voitures de place dans Paris, soumettra chaque jour, pendant cinq heures, tous les éléments aux mêmes variations de régime de décharge et de récupération.

Les concurrents assisteront à ces essais, effectués, sous la direction d'une Commission de l'Automobile-Club, par des électriciens compétents pour effectuer toutes les mesures de vérifications nécessaires.

La charge des divers éléments sera effectuée par les soins des concurrents ou de leurs représentants dûment accrédités auprès de la Commission.

Vu la faible force électromotrice nécessaire à la charge des cinq éléments, l'électricité sera fournie par les soins de la Commission à l'aide d'accumulateurs, soit chargés à l'avance dans un secteur, soit interposés entre la conduite de distribution et les éléments.

La durée de la charge de chaque groupe d'accumulateurs sera notée par les soins des électriciens de la Commission.

Traction électrique. — **Alger** (*Suppl.*, t. XVI, p. LXVIII). — La Société C. F. R. A. a procédé ces dernières semaines aux essais officieux de la section de ligne comprise entre l'usine et les Deux-Moulins ; ces essais ont été très concluants.

La ligne est donc prête aujourd'hui à être livrée à l'exploitation, et la Société n'attend plus que l'autorisation préfectorale pour mettre en mouvement les automotrices qui doivent assurer le service de la première section (place du Gouvernement aux Deux-Moulins).

Les essais officiels auront lieu aussitôt cette formalité remplie.

Tout le matériel roulant nécessaire à la première section de la ligne est prêt, néanmoins on continue très activement le montage des automotrices destinées aux autres sections, et qui sont essayées au fur et à mesure.

Souhaitons pour Alger que les formalités administratives ne retardent pas l'inauguration de son tramway électrique.

— **Caen.** — Le préfet du Calvados, vu les pièces de l'avant-projet présenté en vue de l'établissement d'un réseau de tramways, à voie de 1 m et à traction électrique, destiné au transport des voyageurs dans la ville de Caen et dont la concession est demandée à l'Etat par la ville, avec faculté de rétrocession à la Compagnie générale de traction ; ledit réseau comprenant les trois lignes suivantes :

1° De la gare de l'Ouest à la gare Saint-Martin, avec variante par la rue d'Auge et la rue de Vaucelles ;

2° De l'octroi de Falaise à la Maladrerie ;

3° Du pont de Courtonne à l'extrémité de la ville ;

Fait ouvrir une enquête sur l'établissement d'un réseau de tramways, à traction électrique, pour le transport des voyageurs dans la ville de Caen.

— **Lyon** (*Supp.*, t. XVI, p. LXIX). — Le conseil municipal, par une délibération du 22 mars 1898, a statué sur les observations formulées par les ingénieurs du contrôle au sujet du projet d'établissement d'un réseau de tramways de Perrache à la Croix-Rousse. Ce réseau comprenait deux lignes, dont l'une partait du quai du Dauphin, à Perrache, pour aboutir au boulevard de la Croix-Rousse, en passant notamment par les rues Vaubecour et du Plat, la place Bellecour, les rues Centrale et Paul Chenavard, la rue de l'Annonciade et le cours des Chartreux, et dont l'autre se greffait sur la première dans la rue du Jardin-des-Plantes et aboutissait à l'extrémité est du boulevard de la Croix-Rousse en suivant la rue Burdeau, ainsi que diverses rues de la partie en coteau située à l'est du premier arrondissement.

Le conseil invitait l'administration municipale à poursuivre l'exécution du projet et à le mettre en adjudication dans le plus bref délai.

Le dossier, légèrement modifié, a été transmis au préfet du Rhône, pour obtenir l'autorisation de procéder au plus tôt à la mise en adjudication publique des deux lignes de tramways projetées.

La question de la concession du tramway de Perrache à la Croix-Rousse fait, dans le Bulletin municipal, l'objet d'un rapport du maire proposant, en vue de la rétrocession par la Ville, aux meilleures conditions possibles, du réseau de tramways à établir entre Perrache et la Croix-Rousse :

1° Prolonger la ligne n° 1 jusqu'à la place du Commandant-Arnaud, suivant l'itinéraire ci-après : rue de la Crèche, rue Belfort, rue Dumenge, rue Dumont-d'Urville, et avec l'obligation pour le concessionnaire de procéder à ses frais aux expropriations nécessaires ;

2° Arrêter l'échelle de partage des bénéfices sur des bases analogues à celles de la concession du réseau complémentaire ;

3° Imposer au concessionnaire l'obligation de la correspondance gratuite avec les lignes de la Compagnie O.-T.-L. et du réseau complémentaire qui seront rencontrées par la ligne n° 1 ;

4° Décider que les voitures auront deux classes, obligation résultant de l'échange de correspondances avec la Compagnie O.-T.-L., sur laquelle il y a deux classes ;

5° Faire appel aux demandeurs en concession, en les invitant à souscrire tout d'abord à ces nouvelles conditions et à toutes les autres conditions spéci-

fiées dans le projet de cahier des charges et de convention de rétrocession, auxquelles il n'est pas apporté de modification.

— **Valence**. — La compagnie des tramways électriques propose de prolonger, jusqu'à Silla, la ligne de Catarroja, dans le but de l'utiliser au trafic des marchandises, et d'établir la double voie sur la ligne de Grao.

Éclairage électrique. — **Bordeaux**. — Les travaux entrepris pour l'éclairage électrique des quais de Bordeaux touchent à leur fin et l'on espère inaugurer cet éclairage pendant la seconde quinzaine de septembre. On a édifié 40 pylônes en fer de 13 m de hauteur, dont 10 au bassin à flot et sur les quais verticaux, à partir du quai Carnot jusqu'au ponton des Gondoles.

Il reste à terminer les travaux pour l'éclairage facultatif qui sera accordé aux navires opérant leur chargement ou leur déchargement la nuit. A cet effet, 22 régulateurs seront établis sur les pavillons-abris, à 6 m du bord du quai.

Téléphonie. — **Marseille**. — L'établissement d'une ligne téléphonique, reliant les villes du littoral avec Marseille, est décidé en principe. Il s'agit non seulement d'être en communication avec Marseille, mais avec tous les réseaux auxquels Marseille est réuni et en particulier avec Paris.

Pour arriver à une solution de cette importante question, une conférence a eu lieu le 25 avril dernier entre les représentants des diverses villes intéressées et un inspecteur des télégraphes, M. Frouin, chef du bureau des correspondances télégraphiques au Ministère, spécialement délégué par M. le Ministre des postes et télégraphes.

Dans cette conférence fut décidée l'émission d'un emprunt de 350 000 fr qui sera contracté collectivement par les villes intéressées à un taux ne pouvant dépasser 3,60 p. 100, avec remboursement effectué dans un délai de cinq années.

Au taux prévu, les intérêts à fournir représenteront une somme annuelle de 12 600 fr. La répartition de cette charge sera ainsi faite : Nice, 2 000 fr ; Marseille, 2 000 ; Toulon, 3 000 ; Monaco, 3 000 ; Cannes, 500 ; Hyères, 300 ; Fréjus, 300 ; Menton, 250 ; Draguignan, 250 ; Grasse, 200 ; Antibes, 200 ; Saint-Raphaël, 200 ; Vallauris, 150 ; Beaulieu, 150 ; Villefranche, 150.

Les intérêts à servir diminueront chaque année, au fur et à mesure des remboursements opérés d'après les recettes effectuées. Chaque ville sera libre d'avancer une fois pour toutes sa part de capital sur ses propres fonds.

NOUVELLES

Les fiacres électriques à Paris. — Dix fiacres du système Kriéger, appartenant à la Compagnie l'Électrique, fonctionneront la semaine prochaine dans Paris.

L'énergie électrique dans le canton d'Oyonnax. — Condes est un petit village en amont du confluent de la Bienne et de l'Ain, dans le Jura, à quelques kilomètres de Dortan.

Près de ce lieu, l'Ain est une rivière forte et rapide. Son courant, détourné en partie, peut donner une chute puissante, capable de produire plusieurs milliers de chevaux.

C'est là qu'une Société a décidé d'établir une usine électrique; elle enverra à Dortan, Arbent, Marchon, Saint-Claude l'énergie prise à la rivière.

Les travaux sont commencés depuis le printemps. La digue est presque terminée. Il reste à creuser le canal de dérivation.

Une ligne aérienne, passant à travers les montagnes, amènera le courant à Dortan, Arbent, Marchon.

L'éclairage se fera au moyen de lampes à incandescence.

La force sera distribuée à domicile par tiers, demi, deux tiers de cheval et plus. La Société qui s'est fondée, pour capter les eaux de l'Ain, se propose de faire construire à Dortan, Arbent..., un grand établissement où des places pourront être louées aux ouvriers qui le désireront.

Ces communes suivent l'exemple d'Oyonnax qui possède l'énergie électrique depuis une dizaine d'années.

Pour cette ville industrielle, l'électricité vient de Charmine, où l'Oignin qui passe près du lac de Nantua et reçoit ses eaux, a été détourné pour fournir une chute importante.

Lors de l'établissement de l'usine de Charmine, la quantité d'eau fournie par l'Oignin paraissait largement suffisante. Mais l'industrie d'Oyonnax s'est tellement développée que l'eau manque aux chutes quand la chaleur commence à se faire sentir.

Les ingénieurs de la Société d'électricité ont cherché par quels moyens ils pourraient augmenter le débit de l'Oignin, ils ont pensé à avoir recours au lac de Nantua. Il a donc été convenu qu'une digue serait construite du côté de La Cluse, où le lac déverse son trop plein.

De ce fait, le niveau de l'eau du lac se trouvera élevé de 40 à 60 centimètres seulement, ce qui représente un nombre considérable de millions de mètres cubes de liquide, quantité largement suffisante.

Au moment de la baisse de l'Oignin, une vanne sera plus ou moins ouverte, l'eau ne manquera plus à Charmine et les industriels d'Oyonnax ne manqueront plus d'électricité.

Dès que les formalités administratives seront remplies les travaux pourront commencer.

Les industries électriques en Allemagne. — Nous reproduisons quelques chiffres qui indiquent le développement des industries électriques en Allemagne.

La Société Schuckert, de Nuremberg, a traité l'an dernier pour plus de 60 millions d'affaires occupant environ 4 000 ouvriers.

Autant de travaux ont été exécutés par la Compagnie l'Union, de Berlin, qui exploite en Allemagne les brevets Thomson-Houston.

L'Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft qui emploie plus de 8 000 ouvriers, sans parler de l'extension de son industrie dans l'empire, porte à l'extérieur une grande partie de son activité. Les stations centrales de Siviglia, Barcelone et Buenos-Ayres, les tramways électriques de Genève, Kiew et Bilbao, etc., ont été exécutés par cette compagnie, laquelle représente 47 millions de marks en actions et 39 en obligations.

Le groupe Siemens et Halske a sur le marché 65 millions de marks en actions et 30 en obligations. Le groupe Union 41 et 12, le groupe Schuckert 37 et 6 et le groupe Helios 24 millions en actions.

Il faut encore ajouter à tout cela des maisons de

moindre importance; il en résulte que la haute banque allemande a consacré en quinze ans plus de 400 millions aux maisons industrielles d'électricité.

T.

Traction électrique. — **Grenoble**. — L'établissement d'une ligne à traction électrique de Grenoble à la Chartreuse est à l'étude. La nouvelle ligne sera parallèle au chemin de fer du Saint-Béron, chacune empruntant le versant opposé de la même montagne pour aboutir au même point terminus d'intérêt commun qui est, pour cette région, le couvent de la Grande-Chartreuse. M. Dourille, demandeur en concession, a l'intention de pousser la ligne projetée jusqu'à Saint-Pierre.

Pour la ligne de Voiron-Saint-Béron, l'intérêt commercial dans le massif de la Chartreuse se concentre à Saint-Laurent-du-Pont. C'est donc une position que la nouvelle Compagnie Grenobloise devra tourner, en faisant de Saint-Pierre-de-Chartreuse son point terminus.

Car il faut prévoir le transbordement des marchandises, parfois malaisé pour les voituriers du massif, qui auraient à s'aboucher avec la nouvelle ligne si elle s'arrêtait à la Grande-Chartreuse. L'hiver amènerait la ruine du trafic en accumulant l'obstacle parfois insurmontable des tourmentes de neige.

En établissant une station à Saint-Pierre, M. Dourille accaparerait à son profit le transport des marchandises et des voyageurs qui, grâce à lui, pour descendre à Grenoble, n'auraient plus besoin du Saint-Béron; cette avantageuse exploitation comprendrait tous les villages qui s'étendent à l'entour de Saint-Pierre jusqu'à Saint-Laurent-du-Pont.

Quoi qu'il en soit, la ligne de Grenoble à la Grande-Chartreuse par le Sappey, est sûre du succès.

— **Pau**. — Le Conseil municipal vient d'adopter le projet du réseau des tramways électriques urbains.

Éclairage électrique. — **Constantinople**. — M. le Dr Zander, président du conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer d'Anatolie, a saisi le gouvernement impérial d'une demande concernant la concession d'une usine de production de force électrique à Constantinople, et l'éclairage de la capitale à la lumière électrique.

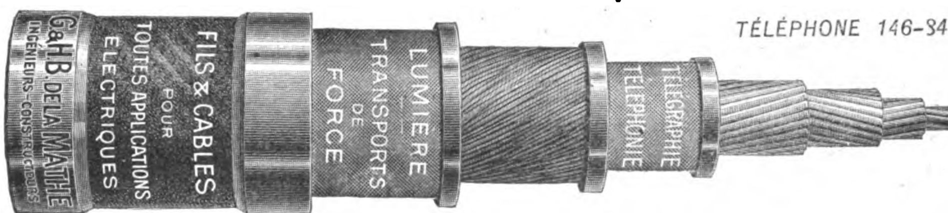
En même temps, M. Zander demande le droit de préemption pour une concession analogue dans les provinces.

— **Denain** (**Nord**). — La Compagnie du gaz de la ville de Denain a décidé la création d'une distribution d'énergie électrique qui se fera par courants alternatifs.

CABLES ÉLECTRIQUES

MAISONS :
LYON
ET
BORDEAUX

TÉLÉPHONE 146-34

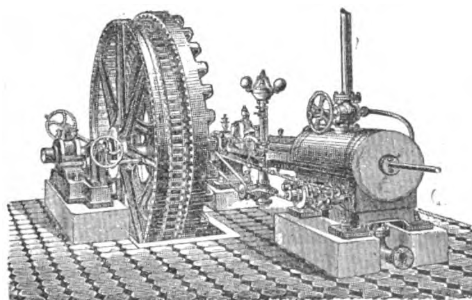


G. & H.-B. de la MATHE. Dépôt : 81, rue Réaumur, Paris.
Usines et bureaux à Gravelle-Saint-Maurice (Seine.)

Transformateurs, Compteurs, etc.

NOUVELLE DYNAMO-VOLANT

Courants alternatifs, spéciale pour les éclairages de villes et à longues distances



Compagnie Électrique O. PATIN

9, rue du Château, Puteaux (Seine).

La maison vient d'établir un nouveau type de DYNAMOS s'attelant directement sur le moteur et remplaçant le volant.
Vitesse : 120 tours et 60 tours seulement par minute.
Sécurité remarquable, par suite de la suppression des transmissions, cordes et courroies.

STATIONS CENTRALES ÉTABLIES AVEC LE MATÉRIEL DE LA MAISON
Paris (station municipale des Halles au concours), Nancy, Rethel, le Havre, Troyes, Sens, Melun, Nîmes, Cannes, Auxerre, Dijon (nouvelle usine), Poitiers (nouvelle usine), Saint-Céré, Saint-Jean-de-Royan, Revel, Auterive, Vierzon : *Représentant* 183.000 *lampes installées en 3 ans.*
Machines et Moteurs à courants continus, Machines triphasées, etc.

Tramways électriques.

Lampe à Arc

"LA MODERNE"

à traction magnétique

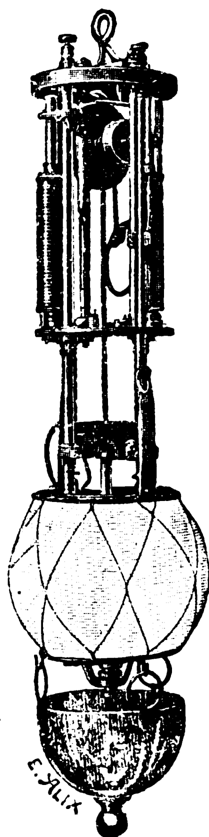
sans aucune roue dentée, rochet et cliquet

Construction, Réglage et Débit (depuis 2 amp.) garantis

POINT LUMINEUX FIXE

BREVETÉ EN FRANCE
ET A L'ÉTRANGER

***Fournisseur** des ministères de la Guerre et de la Marine, des Stations centrales et des Grands Etablissements industriels.*



MÉDAILLES
OR. — PARIS, 1895.
OR. — ROUEN, 1896.
OR. — BRUXELLES, 1897.

A. Declerck
123-125, rue Saint-Maur
PARIS
TÉLÉPHONE 420-70.

Direction :
5, RUE BOUDREAU
PARIS
Téléphone
225-84

PULVIS

ACCUMULATEURS
DE LA Cie Gle D'ÉLECTRICITÉ
SOCIÉTÉ ANONYME
CAPITAL : DIX MILLIONS DE FRANCS

USINE
à
BEAUVAL
par Trilport
(SEINE-&-MARNE)

TYPES SPÉCIAUX POUR TRACTION

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES

AE American Electrician.
A E I Atti della Associazione elettrotecnica Italiana.
AT Annales télégraphiques.
B S E Bulletin de la Société d'Encouragement.
D E L Die Elektrizitæt (Leipzig);
E Engineering (Londres).
E am The Engineering and Mining Journal (New-York).
E C L'Electrochimie.
E En The Electrical Engineer (New-York).
El The Electrician (Londres).
Elé L'Electricien.
E Ls L'Elettricista (Rome).
E M The Engineering Magazine (New-York).
E R Electrical Review (Londres).
E T R Elektrotechnische Rundschau (Francfort-sur-Mein).
E T Z Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin).
E W The Electrical World (New-York).
Gc Le Génie civil.
I C Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.
Ie L'Industrie électrique.
I E C L'Industrie électrochimique.
I I Industries and Iron (Londres).
J EE Journal of the Institution of Electrical Engineers (New-York).
J P Journal de Physique.
J T Journal télégraphique (Berne).
N C Il Nuovo Cimento (Pise).
P C R Journal de la Société physico-chimique russe (Saint-Pétersbourg).
P M Philosophical Magazine (Londres).
P S L Proceedings of the Physical Society of London.
Rgds Revue générale des Sciences.
Ri Revue industrielle.
RL Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei (Rome).
R M Revue de mécanique.
R N Rendiconti dell'Accademia di Napoli.
SA Journal of the Society of Arts (Londres).
Sie Bulletin de la Société Internationale des Electriciens.
S R J Street Railway Journal (New-York et Chicago).
T P Revue des Transports parisiens.
U E Bulletin des Usines électriques.
Z E C Zeitschrift für Elektrochemie (Halle).
Z E T Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne).
W A Annalen der Physik und Chemie de G. et E. Wiedemann (Leipzig).

Théorie.

Sur la question de la vitesse absolue et la fonction mécanique de l'éther avec quelques remarques sur la pression de la radiation ; Oliver Lodge (P M, p. 414, octobre).
La dualité entre les phénomènes électriques et magnétiques ; W. Weiler (E T R, p. 1, 1er octobre).
Une nouvelle méthode pour déterminer l'expression de la densité électrique en un point d'une surface équipotentielle ellipsoïdale ; Paci (R L, p. 131, 4 septembre).
La manière d'être électrolytique du chrome (E R, p. 373, 9 septembre).
La capacité électrostatique des fils ; W. Moon (E R, p. 478, 30 septembre).
Courants alternatifs (I I, p. 262, 30 septembre).
Calcul de la résistance apparente des fils fins parcourus par des courants alternatifs ; A. Gray (P M, p. 426, octobre).
Sur une méthode simple pour déterminer les composantes harmoniques d'une force électromotrice quelconque ; Ed.-J. Houston et A. Kennelly (E T R, p. 4, 1er octobre).
L'emploi des courbes sinusoïdales dans les problèmes sur les courants alternatifs ; W.-G. Rhodes (E R, p. 395, 9 septembre).
L'influence de la décharge silencieuse de l'électricité sur l'air atmosphérique (E R, p. 365, 9 septembre).
Sur les différents moyens employés pour déceler les ondes électriques ; Alfredo Pochettino (E Ls, p. 206, 1er septembre).
Sur la circulation des résidus gazeux dans un tube de Crookes ; Alan-A. Campbell-Swinton (P M, p. 387 et 393, octobre).
Contribution à la technique des rayons Rœntgen ; Max Levy (E T Z, p. 646, 22 septembre).
Sur la phosphorescence ; Herbert Jackson (P M, p. 402, octobre).
Une nouvelle pile de transition (E R, p. 373, 9 septembre).
Dispositif de Weiss pour obtenir des champs très intenses (Z E T, p. 410, 28 août).
Perméabilité pour les forces magnétisantes transversales ; W.-E. Everett (E R, p. 439, 23 septembre).
Magnétisme terrestre ; A. Cotterell (E R, p. 370 et 400, 9 et 16 septembre).
Sur les effets possibles de la magnétisation solaire sur les variations périodiques du magnétisme terrestre ; Arthur Schuster (P M, p. 395, octobre).
Conférence internationale sur le magnétisme terrestre et l'électricité atmosphérique ; A.-W. Rucker (E R, p. 429, 16 septembre).

Génération et distribution.

Moteurs thermiques et hydrauliques. — Utilisation des forces motrices naturelles ; Ch. Eberle (Ri, p. 377, 17 septembre).
Utilisation de la puissance motrice des chutes d'eau (I I, p. 264, 30 septembre).
Turbines à injection partielle ; M. Rateau (R M, p. 146, août).
Appareil fumivore Orvis (Elé, p. 207, 24 septembre).
Sur le choix des chaudières (E R, p. 397, 16 septembre).
Procédé nouveau pour empêcher la formation de dépôts dans les chaudières (S R J, p. 560, septembre).
Manomètres et valves (S R J, p. 577, septembre).
L'expansion des conduites de vapeur ; William Baxter Jr (A E, p. 432, septembre).
Le rapport des dimensions des cylindres dans les machines compound (E R, p. 435, 16 septembre).
Nouvelle machine Corliss (S R J, septembre).
Le rendement thermique des machines à vapeur (E R, p. 446 et 482, 23 et 30 septembre).
Arbre de machine en acier forgé creux (S R J, p. 576, septembre).
Générateurs de gaz pauvre (E R, p. 482, 30 septembre).
Appareils générateurs du gaz Riché (Ri, p. 373, 17 septembre).
Le moteur à gaz Benier (E, p. 386, 23 septembre).
Le moteur à gaz Longsdon (E, p. 401, 23 septembre).
Expériences faites sur un moteur simplex alimenté avec du gaz de hauts fourneaux aux ateliers de la Société Cockerill à Seraing ; Aimé Witz (Gc, p. 330, 17 septembre).
La construction des destructeurs d'ordures ; Frank-Leslie Watson (E R, p. 393, 9 septembre).
Destructeur d'ordures ; John-S. Raworth (E R, p. 370, 9 septembre).

Dynamos et moteurs électriques. — Générateurs électriques (E, p. 349, 16 septembre).
Sur le calcul des machines à courant continu et à courant alternatif ; J.-K. Sumee (Z E T, p. 454, 25 septembre).
Sur le calcul de l'induit d'une dynamo à courant continu ; Guido Grassi (A E I, p. 40).
Connections et enroulements d'armatures ; Arthur-L. Rice (A E, p. 419, septembre).
La plus grande dynamo du monde à courant continu ; S.-H. Short (E W, p. 301, 17 septembre).
Réglage du champ inducteur dans les dynamos à courant continu (E T R, p. 3, 1er octobre).
Comment on construit une dynamo (A E, p. 436, septembre).
Sur l'enroulement Sayers (Z E T, p. 446, 18 septembre).
Dynamos et moteurs de la Bergmann-Elektromotoren und Dynamowerke A. G. à Berlin (D E L, p. 437, 17 septembre).
Générateur de grandes dimensions pour chemins de fer (S R J, p. 566, septembre).
Quelques essais sur un alternateur ; A.-F.-M. Kissick (E W, p. 239, 3 septembre).
Les nouveaux alternateurs de la Metropolitan Electric supply Co (E R, p. 453, 23 septembre).
Le plus grand moteur américain à courants alternatifs (E W, p. 258, 10 septembre).
Nouvel enroulement pour alternateur à courant polyphasé (E T R, p. 265, 15 septembre).
Survolteurs et convertisseurs ; C.-B. Nixon (E R, p. 484, 30 septembre).
Théorie des transformateurs ; Gisbert Kapp (E T Z, p. 621, 643 et 655, 15, 22 et 29 septembre).
Transformation directe des courants polyphasés en courant continu ; J. Sahulka (Z E T, p. 405, 28 août, p. 430, 11 septembre).
Etude sur l'emploi et le fonctionnement des convertisseurs rotatifs ; de Marchena (Ie, p. 378, 10 septembre).
Sur les commutatrices ; P. Janet (Elé, p. 176, 10 septembre).
Le plus grand convertisseur tournant (E R, p. 491, 30 septembre).
Convertisseur rotatif pour l'exploitation des tramways ; Louis Bell (S R J, p. 512, septembre).

Moteur G. E. 55 (S R J, p. 578, septembre).
Moteurs électriques pour trains ; George-T. Hanchett (S R J, p. 517, septembre).
Développement du moteur Patton (S R J, septembre).
Les moteurs à courant alternatif ; A.-E. Wiener (A E, p. 420, septembre).
Moteur à courant alternatif à grande puissance de démarrage ; Max Déri (E T Z, p. 626, 15 septembre).
Amélioration du facteur de puissance des moteurs asynchrones ; M. Aliamet (Elé, p. 177, 10 septembre).
Une méthode simple de démarrage des moteurs asynchrones à courant alternatif simple ; Riccardo Arno (A E I, p. 21, 28, 51).
A propos d'un moteur asynchrone Brown à courant alternatif simple et sur l'application du système de démarrage Arno ; F. Pescetto (A E I, p. 55).
La discussion sur les moteurs à la British Association (E R, p. 448, 23 septembre).

Piles et accumulateurs. — La pile primaire Doe (E R, p. 440, 23 septembre).
Une nouvelle pile à eau (E R, p. 403, 16 septembre).
Sur un nouveau type d'accumulateur léger ; F. Pescetto (A E I, p. 45).
Accumulateurs à chlorure d'ammonium avec plaques en charbon ; Wilbur-M. Stine (A E, p. 418, septembre).
Récents perfectionnements dans les batteries d'accumulateurs ; Joseph Appleton (E R, p. 391, 9 septembre).
La charge des batteries secondaires (E R, p. 438, 23 septembre).
Comparaison entre la charge des batteries d'accumulateurs à potentiel constant et la charge à intensité constante spécialement à l'égard de leur rendement ; A.-A. Cahen et J.-M. Donaldson (E R, p. 433, 16 septembre ; El, p. 674 et 711, 16 et 23 septembre).

Stations génératrices et installations. — L'usine génératrice de Paderno ; G. Semenza (A E I, p. 121).
Usine pour la transmission de la force à Mechanicville, New-York (S R J, p. 580, septembre).
Usine avec batterie d'accumulateurs auxiliaire de Montpelier, Vt, pour la transmission de la force motrice à grande distance (S R J, p. 526, septembre).
L'usine de transmission de puissance de Mechanicville Schenectady (E W, p 233, 3 septembre).
Usine génératrice provisoire de la Metropolitan street Railway Company (E W, p. 258, 10 septembre).
Nouvelle usine génératrice à Akron O. (S R J, p. 522, septembre).
Description de l'usine à haut potentiel et à accumulateurs pour l'éclairage électrique et la distribution de la force motrice à Naples ; M. Bonghi (A E I, p. 117).
Les installations d'éclairage électrique à Hawthorn (Victoria) (E R, p. 446, 23 septembre).
L'éclairage du Palace Theatre (E R, p. 489, 30 septembre).
L'électricité au Capitole des Etats-Unis ; Bushrod-C. Washington (E W, p. 265, 10 septembre).
Distribution de l'énergie électrique à la Chambre des députés ; J. Laffargue (Ie, p. 382, 10 septembre).
Notes sur le système d'éclairage électrique de Bristol avec références spéciales à l'usine auxiliaire ; H.-Faraday Proctor (E R, p. 404, 16 septembre ; El, p. 740, 30 septembre).
L'utilisation des chutes d'eau de la rivière Little (Caroline du Nord) ; A.-F.-Mc Kissick (E W, p. 261, 10 septembre).
L'utilisation de la puissance hydraulique de la rivière Hudson à Mechanicville (A E, p. 400, septembre).
Installations pour éclairage et distribution de force motrice du Midland railway ; W.-E. Langdon (El, p. 754, 30 septembre).
Rapports d'usines électriques (El, p. 680, 16 septembre).
La distribution de l'énergie par les municipalités ; J.-R. Dick (El, p. 724, 23 septembre).
Distribution par les municipalités ; G. Pearson (E R, p. 432, 16 septembre).
L'influence des compteurs sur les dividendes ; Caryl D. Haskins (E W, p. 237, 3 septembre).
Sur les tarifs de vente de l'énergie électrique ; Ettore Conti (A E I, p. 83).
La tarification de l'énergie électrique ; A. Meynier (Ie, p. 377, 10 septembre).

Distribution. — La transmission de l'énergie par l'électricité ; Paul Janet (E R, p. 475, 30 septembre).
Transmission de la puissance par l'électricité ; Alexander Siemens (El, p. 722, 23 septembre ; E R, p. 406, 16 septembre).
Sur la transformation des courants triphasés en courants alternatifs simples ; Guido Grassi (A E I, p. 31).
Sur une propriété d'un système diphasé ; S. Pagliani (A E I, p. 181).
Règlement relatif aux installations électriques à haute tension (Z E T, p. 433, 11 septembre).
A propos de la loi relative à l'impôt de l'énergie électrique ; Lorenzo Garrone (A E I, p. 110).
Règlements relatifs aux conducteurs d'électricité (El, p. 746, 30 septembre).
La distribution de l'électricité par les municipalités considérée au point de vue commercial ; Alfred. H. Gibbings (El, p. 748, 30 septembre).

Appareillage. — Le prix relatif du cuivre et de l'aluminium (E R, p. 369 et 485, 9 et 30 septembre).
L'aluminium rival du cuivre et du laiton pour les conducteurs d'électricité (Elé, p. 212, 24 septembre).
Potences en acier ridé (S R J, p. 577, septembre).
Coupe-circuits (S R J, p. 558, septembre).
Le coupe-circuit électromagnétique de la Sentinel Electric C° Georges Dary (Elé, p. 204, 24 septembre).
Coupe-circuit magnétique, souffleur automatique (S R J, p. 570, septembre).
Coupe-circuit électromagnétique à mercure (E T R, p. 3, 1er octobre).
Solénoïdes souffleurs (S R J, p. 559, septembre).
Un nouveau parafoudre extincteur automatique pour haute tension (Elé, p. 171, 10 septembre).
Shunts pour appareils électriques (A E, p. 428, septembre).

Applications mécaniques.

Les transmissions par courroies (E R, p. 435, 16 septembre).

Sur le rendement des installations de machines outils actionnées soit par des moteurs séparés, soit par des moteurs uniques, soit par un arbre de transmission relié à plusieurs d'entre elles; E. Hartmann (D E L, p. 389, 20 août).
L'application des moteurs électriques à la petite industrie et ses conséquences économiques; Alfred H. Gibbings (E R, p. 408, 16 septembre).
Moteurs électriques dans une tannerie (E R, p. 401, 16 septembre).
L'application du système à trois phases aux ateliers de construction de wagons de Bristol; W. Geipel (E R, p. 427, 16 septembre; El, p. 742, 30 septembre).
Le labourage électrique (Ri, p. 376, 17 septembre).
Pompe de grande puissance mue électriquement (E R, p. 399, 16 septembre).
Application de l'électricité à l'épuisement des eaux de mines (E R, p. 412, 16 septembre).
Le tirage électrique dans les mines à grisou; P. Chalon (Elé, p. 193, 17 septembre).
Le développement des signaux d'appel; Artur Vaugh-Abbott (Z E T, p. 398, 21 août).
Système de signaux pour ligne à une seule voie (S R J, p. 567, septembre).
L'emploi des ballons signaux électriques dans les expéditions arctiques et antarctiques; Eric Bruce (E R, p. 505, 30 septembre).

Traction.

Traction électrique; Charles A. Carus-Wilson (S A, p. 833, 845, 857, 16, 23 et 30 septembre).
Notes pratiques sur la traction électrique; Walter Munroë (A E, p. 430, septembre).
La vitesse des tramways (E R, p. 399, 16 septembre).
Economie sur l'énergie électrique dépensée en traction; E.-G. Connette (S R J, p. 511, septembre).
Énergie dépensée dans les services de communication à grande vitesse; A.-H. Armstrong (S R J, p. 539, septembre).
Puissance employée dans les chemins de fer électriques; S.-T. Dodd (S R J, p. 545, septembre).
Le matériel de traction électrique Félix Singer et Cie, Berlin (E T R, p. 265, 15 septembre).
Le trôlet aérien en Angleterre (E W, p. 264, 10 septembre).
Trôlet Dickinson en Allemagne (S R J, p. 564, septembre).
Matériel pour lignes à trôlet aérien (S R J, p. 560, septembre).
La traction électrique des tramways par accumulateurs et trôlet; Ernest Kilburn Scott (E R, p. 394, 9 septembre).
Système de traction à caniveau souterrain; Gustave Braun (E T Z, p. 637, 22 septembre).
Nouveau système de tramways à conducteurs souterrains (S R J, p. 563, septembre).
La traction électrique par contact superficiel; S. P. Thompson et Miles Walker (El, p. 751, 30 septembre).
Système de traction électrique à conducteur sectionné (Z E T, p. 443, 18 septembre).
L'équipement et l'entretien des voitures de tramways; M. S. Hopkins (E W, p. 284, 17 septembre).
Inspection et essai des moteurs et des équipements des voitures de tramways par les compagnies de tramways; F. B. Perkins (E W, p. 283, 17 septembre).
Nouvel isolateur pour le fil de trôlet « 8 » (S R J, p. 557, septembre).
Isolateurs pour voitures électriques (S R J, p. 556, septembre).
Préservation des traverses et des potences en bois (S R J, p. 568, septembre).
Truck à adhérence maxima (S R J, p. 555, septembre).
Emploi du truck 21 E. à Boston (S R J, p. 558, septembre).
Voitures mixtes ouvertes et fermées (S R J, p. 569, septembre).
Voitures mixtes à Providence (S R J, p. 568, septembre).
Voiture motrice Kinetic à double truck (S R J, p. 557, septembre).
Wagons-salons à Manchester, N. H. (S R J, p. 559, septembre).
Voitures à double truck en service à New-York (S R J, p. 539, septembre).
Couplement automatique des voitures (S R J, p. 557, septembre).
Nouveau produit pour la fabrication des rideaux et sièges de voitures (S R J, p. 556, septembre).
Remise en place des wagons déraillés; William Herbert Bonner (A E, p. 429, septembre).
Savon pour le nettoyage des voitures (S R J, p. 559, septembre).
Jonction de rails (S R J, p. 519, septembre).
Nouvelle porte pour voitures vestibules (S R J, p. 577, septembre).
Freins à air (S R J, p. 572, septembre).
Freins à frottement (S R J, p. 574, septembre).
Sabots de freins garnis de liège (S R J, p. 568, septembre).
Sabot de freins (S R J, p. 573, septembre).
Nouveau principe appliqué au sabot des freins (S R J, p. 575 septembre).
Sur la corrosion électrolytique des conduites d'eau et de gaz par les courants de retour des tramways; J. A. Fleming (El, p. 689, 16 septembre).
Les tramways de Brisbane, Australie (S R J, p. 528, septembre).
La traction électrique sur les chemins de fer; G. Bernardi (ELs, p. 197 et 211, 1er septembre).
Materiel Westinghouse pour chemin de fer (S R J, p. 549, septembre).
Matériel américain pour la construction du métropolitain électrique de Londres (A E, p. 405, septembre).
Le chemin de fer de la Jungfrau (El, p. 706 et 738, 23 et 30 septembre).
Chemin de fer à grande vitesse près de Buffalo (S R J, p. 535, septembre).
Chemin de fer électrique de Berlin à Zehlendorf (Gc, p. 352, 24 septembre).
Le chemin de fer électrique de New-York à Sea Beach (E W, p. 255, 10 septembre).
Nouveau chemin de fer elevated à Boston (S R J, p. 501, septembre).
Locomotives électriques pour changer les trains de voies (S R J, p. 575, septembre).
Les locomotives électriques à Paris; Th. Botiaux (T P, p. 49, 15 septembre).
Eclairage électrique des trains système Emil Dick (Ri, p. 384, 24 septembre).
Voie souterraine à Boston (S R J, p. 493, septembre).
Nouveau système d'enregistrement du prix des places (S R J, p. 571, septembre).
Traction électrique entre Buffalo et Lockport (E W, p. 256, 10 septembre).
Récentes constructions électriques par la New-York, New-Haven and Hartford Railroad Company; N. H. Heft (S R J, p. 540, septembre).
Changement des tramways à chevaux d'Edimbourg en tramways funiculaires; W.-N. Colam (S R J, p. 542, septembre).
Les méfaits de la traction électrique (El, p. 682, 16 septembre).
L'accident du tramway de Bradford (E R, p. 482, 30 septembre).
Rapport de la Dublin United Tramways Limited (S R J, p. 578, septembre).
Le bruit causé par les engrenages sur les elevated électriques (Elé, p. 712, 23 septembre).
Sur la corrosion électrolytique des conduites d'eau et de gaz par les courants de retour des tramways; J.-A. Fleming (E R, p. 469, 23 septembre).
Conditions et situation financière des tramways dans le district de Boston (S R J, p. 471, septembre).
Automobiles électriques (E T Z, p. 622, 15 septembre).
Générateurs et moteurs électriques pour automobiles (Ri, p. 383, 24 septembre, p. 394, 1er octobre).
Concours des voitures de place automobiles. Rapport du Jury; G. Forestier (Gc, p. 317, 17 septembre).
Le concours des voitures de place automobiles à Paris (E Ls, p. 209, 1er septembre).
Voitures électriques système Mildé Mondos (T P, p. 55, 15 septembre).
Le service de cabs électriques de New-York (A E, p. 407, septembre).
La nouvelle station de la Electric Vehicle Company (E W, p. 227, 3 septembre).
Traction électrique sur les canaux (E R, p. 361, 9 septembre).
Traction électrique sur les canaux; A. H. Allen (E R, p. 505, 30 septembre).

Télégraphie et téléphonie.

Sur la télégraphie sous-marine (E, p. 436, 30 septembre).
Corrections apportées à la méthode de Shaeffer pour localiser la rupture dans les câbles sous-marins; Walter J. Murphy (El, p. 716, 23 septembre).
Câbles télégraphiques sous-marins; E. Jona (A E I, p. 145).
Quelques idées sur les câbles sous-marins (E R, p. 480, 30 septembre).
Câbles transatlantiques (Z E T, p. 401, 21 août).
Sur le câble Pacifique; Charles Bright (E R, p. 467, 23 septembre).
Télégraphie au moyen des ondes hertziennes; E. Andreoli (Elé, p. 172, 10 septembre).
Le synchronisme dans la télégraphie sans fil (E R, p. 402, 16 septembre).
Recherches photographiques sur l'action produite par les ondes électriques sur les poudres métalliques; Malagoli (E Ls, p. 193, 1er septembre).
Télégraphie au moyen de la lumière ultra-violette; Karl Zickler (El, p. 720, 23 septembre).

Télégraphie photo-électrique; G. Bracchi (E Ls, p. 200, 1er septembre).
Arrangements télégraphiques de la Roumanie avec l'Allemagne, la Bulgarie, l'Espagne, l'Italie, la Serbie et la Turquie (J T, p. 207, 25 septembre).
Les télégraphes et les téléphones en Suisse, pendant l'année 1897 (J T, p. 200, 25 septembre).
Hôtel des téléphones de la rue Gutenberg à Paris ; G. de la Touanne (J T, p. 193, 25 septembre).
Notes pratiques sur la téléphonie en Amérique ; Kempster B. Miller (A E, p. 433, septembre).
Le rapport du Directeur des postes anglaises (E R, p. 398, 16 septembre).

Applications thermiques.

Appareils de chauffage électriques (S R J, p. 582, septembre).
Nouveaux appareils de chauffage électrique (E W, p. 145, 6 août).
Eclairage, chauffage et force motrice dans les hôtels (E R, p. 364, 9 septembre).

Éclairage.

La chute de potentiel entre les charbons d'un arc électrique ; Mme Ayrton (El, p. 720, 23 septembre; E R, p. 504, 30 septembre).
Lampe à arc Sonja (E T Z, p. 660, 29 septembre).
Nouvelle lampe à arc système P. Duflos; A. Z. (Ie, p. 387, 10 septembre ; E R, p. 475, 30 septembre).
Sur le fonctionnement technique et économique des lampes électriques à incandescence; S.-A. Rumi (A E I, p. 63).
Le filament de lampe à incandescence Welsbach (E W, p. 263, 10 septembre).

Electrochimie.

Les idées de M. Kershaw sur l'ozone ; Andreoli (E R, p. 411' 16 septembre).
La production et les applications de l'ozone ; John Kershaw (E R, p. 370, 9 septembre ; p. 484, 30 septembre).
Actions chimiques exercées par l'effluve électrique ; Berthelot (I E C, p. 59, août).
Des électrolyseurs pour l'électrolyse des chlorures alcalins ; H. Becker (I E C, p. 57, août).
Le blanchiment électrique (Elé, p. 210, 24 septembre).
Préparation électrolytique du lithium (I E C, p. 63, août).
Fabrication du carbure de calcium en Suisse ; Edward A. Schneider (II, p. 267, 30 septembre).
Analyse des Bauxites; L. Campredon (E C, p. 123, septembre).
Les électrodes en aluminium pour courants directs et alternatifs; E. Wilson (E R, p. 434, 16 septembre; E R, p. 443, 23 septembre).
Sur l'emploi de l'aluminium comme électrode; E. Wilson (Z E T, p. 458, 25 septembre).
Procédé Cowper Coles pour la galvanisation des tubes (II, p. 268, 30 septembre).
Préparation du manganèse (I E C, p. 64, août).
Affinage électrolytique du cuivre noir (I E C, p. 60, août).
Notes sur l'électrodéposition du chrome; Sherard Cowper Coles (E R, p. 477, 30 septembre).
Production du nickel par l'électrolyse (E C, p. 121, septembre).
L'affinage électrolytique des métaux ; D. Tommasi (El, p. 724, 23 septembre).
Sur la formation de la cuve d'indigo par le zinc électrolytique ; Arthur Binz (Z E C, p. 103, 1er septembre).
L'action de l'électricité sur les plantes; E.-H. Cook (E R, p. 503, 30 septembre).

Mesures.

Sur la détermination des coefficients de température des deux bobines de résistance de 10 ohms employées dans la détermination de l'ohm de 1897 ; Solomon (El, p. 717, 23 septembre).
Les galvanomètres ; W.-E. Ayrton et T. Mather (P M, p. 349, octobre).
Sur la mesure des très hautes différences de potentiel ; W. Peukert (E T Z, p. 657, 29 septembre).
Une nouvelle forme d'instrument de mesure à courant alternatif ; Arthur T. Heap (E R, p. 439, 23 septembre).
Compensation des résistances de frottement dans les compteurs à moteurs pour courants alternatifs (Z E T, p. 431, 11 septembre).
Nouvel électrodynamomètre absolu; Marcel Deprez (Ri, p. 379, 17 septembre).
Nouvel enregistreur portatif (S R J, p. 564, septembre).
Perméamètre industriel du Dr Hubert Kath ; M. Aliamet et E.-J. Brunswick (Elé, p. 187, 17 septembre).
Détermination électrolytique de l'étain dans les minerais d'étain ; E.-D. Campbell et E.-C. Champion (I I, p. 267, 30 septembre).
Dispositif perfectionné pour les essais des moteurs électriques par le frein de Prony ; A. Wettler (E T Z, p. 658, 29 septembre).

Divers.

L'Association britannique (El, p. 714, 23 septembre).
Le meeting de Bristol de l'Association britannique (El, p. 685, 16 septembre ; E R, p. 366, 9 septembre; E, p. 412, 30 septembre).
Discours présidentiel du Dr Ayrton à la section A de la British Association (El, p. 679, 16 septembre; E R, p. 410, 16 septembre).
Le Congrès international de chimie (E, p. 396, 23 septembre).
La convention de l'American street Railway association (E W, p. 286 et 293, 17 septembre).
Communications devant être présentées devant la Convention de Boston (S R J, p. 508, septembre).
L'association permanente internationale de tramways (D E L, p. 394, 20 août).
Congrès de l'Union internationale des tramways (Gc, p. 363, 1er octobre).
La conférence magnétique internationale (El, 16 septembre).
L'institut municipal d'électrothérapie à la Salpêtrière ; Dr Colineau (Elé, p. 195, 17 septembre).
L'expositon de Turin (E Ls, p. 203, 1er septembre; El, p. 749, 30 septembre).
L'exposition de Turin ; Benedetto Luigi Montel (E T Z, p. 644, 22 septembre).
L'électricité à l'exposition de Turin (1898) (Elé, p. 191, 17 septembre).
Exposition de 1900. Les ponts roulants électriques des halls des machines motrices (Gc, p. 368, 1er octobre).
Le service des installations mécaniques à l'exposition universelle de 1900 ; Ch. Dantin (Gc, p. 353, 1er octobre).
L'état et l'avenir de l'industrie électrotechnique en Allemagne (Z E T, p. 412, 28 août).
L'avenir de l'industrie électrotechnique (D E L, p. 442, 17 septembre).
Etat de l'éclairage et des transports électriques à Vienne en 1897 (Z E T, p. 410, 28 août).
Les ateliers de Brown Boveri et Cie (E R, p. 377, 9 septembre).
Les usines de la General Electric Co à Schenectady; Gallus (Elé, p. 203, 24 septembre).
Les ateliers de la General Electric Company (El, p. 677, 16 septembre).
Importantes constructions électriques en Allemagne (S R J, p. 571, septembre).
Brevets allemands et américains ; J.-C. Chapman (El, p. 725, 23 septembre).
Fatigue et détérioration des métaux (E R, p. 363, 9 septembre).
La journée de huit heures (E R, p. 445, 23 septembre).

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault**, 58 bis, **rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

237 907. **Société industrielle des téléphones.** 18 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris, le 19 avril 1894, pour un microphone système G. Bailleux.

246 495. **Société Voigt et Haeffner.** 13 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris, le 9 avril 1898, pour résistances électriques.

246 887. **Le Goaziou.** 21 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris, le 25 avril 1895, pour nouveaux systèmes de microphones et relais téléphoniques.

267 007. **Rolin.** 17 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris, le 17 mai 1897, pour abat-jour pour lampes électriques à incandescence, dit le Phébus.

277 901. **Gerold.** 13 mai 1898. — Sonnerie électrique automatique.

277 943. **Société Hartmann et Braun.** 14 mai 1898. — Perfectionnements aux instruments de mesure de l'intensité des courants avec fils se dilatant sous l'action de la chaleur due au passage du courant.

277 961. **Unterberg.** 14 mai 1898. — Machine dynamo à grand rendement et faible poids.

277 979. **Société française des câbles électriques** (Système Berthoud, Borel et Cie). 18 mai 1898. — Nouveaux câbles électriques souterrains pour hautes tensions.

NOUVELLES

Cours d'électricité industrielle à la Fédération générale professionnelle des chauffeurs et mécaniciens. — Les cours d'électricité industrielle à la Fédération des chauffeurs-mécaniciens vont s'ouvrir prochainement aux dates suivantes :

Cours de 2e année (ouvert aux élèves ayant suivi avec succès les cours de 1re année). Mairie du IVe arrondissement. Professeur : M. J. Laffargue. Ouverture le jeudi 20 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les jeudis.

Cours de 1re année :

Mairie du IVe arrondissement. Ouverture le mardi 18 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les mardis. Professeur : M. L. Hommen.

École communale, 36, rue Grange-aux-Belles. Ouverture le mardi 18 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les mardis. Professeur : M. D. Augé.

Lycée Voltaire, 101, avenue de la République. Ouverture le vendredi 21 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les vendredis. Professeur : M. Soulier.

École communale, 40, boulevard Diderot. Ouverture le vendredi 21 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les vendredis. Professeur : M. Carol.

École communale, rue de l'Ouest. Ouverture le vendredi 21 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les vendredis. Professeur : M. Nissou.

École communale, 60, rue Saint-Charles. Ouverture le vendredi 21 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les vendredis. Professeur : M. Jumau.

École communale, 18, rue Ampère. Ouverture le mercredi 19 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les mercredis. Professeur : M. Chéneveau.

École communale, 63, rue Clignancourt. Ouverture le vendredi 18 novembre, à huit heures et demie du soir, et tous les vendredis. Professeur : M. Clerbout.

École communale, 7, rue Barbanègre. Ouverture le vendredi 21 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les vendredis. Professeur : M. Vieux.

Section de Saint-Denis. École rue de Châteaudun. Ouverture le mercredi 19 octobre, à huit heures et demie du soir, et tous les mercredis. Professeur : M. Gratzmüller. Professeur suppléant : M. H. Hommen.

Le concours des « Poids Lourds ». — C'est jeudi dernier, 6 octobre, qu'ont commencé les épreuves du second concours organisé par l'Automobile-Club pour les voitures de livraison et de transport des marchandises. Le rendez-vous était à Versailles. Dix-huit voitures étaient engagées mais quelques-unes ne se sont pas présentées le premier jour. La plupart de ces véhicules sont actionnés par moteurs à essence. Quelques-unes sont mues par des moteurs à vapeur; une par moteur à huile lourde de pétrole; enfin trois empruntent leur énergie à des accumulateurs électriques. Ces dernières sont : une voiture (no 3) de livraison Mildé et Cie (voir *Ecl. Elect.*, t. XVI, p. 140), une voiture (no 4) de la Compagnie des voitures électromobiles (voir *Ecl. Elect.*, t. XVI, p. 27), enfin une voiture de la Compagnie générale des transports automobiles qui, comme le fiacre que cette même Compagnie présentait au récent concours de fiacres, porte le no 13. Ajoutons que les trois derniers jours le fiacre Kriéger à galerie qui, sous le no 16, a obtenu un prix au dernier concours de fiacres, a pris part au concours des poids lourds, avec le no 19, après changement de la caisse.

Voici d'ailleurs la liste des voitures engagées, avec l'indication de leur procédé de traction :

1. Panhard et Levassor. Voiture de livraison au pétrole.
2. N. Rozer-Mazelier. Omnibus pour voyageurs, au pétrole.

3. Ch. Mildé et Cie. Voiture de livraison de banlieue, à l'électricité.

4. Compagnie des voitures électromobiles. Voiture de livraison de banlieue, à l'électricité.

5. De Dion-Bouton. Omnibus de 30 chevaux, 20 places dont 14 d'intérieur et 6 de plate-forme. Vitesse normale, 16 kil.

6. De Dion-Bouton. Char-à-bancs à vapeur, 30 chevaux, 24 places, vitesse 16 kil.

7. De Dion-Bouton. Camion marchandises à vapeur, 30 chevaux, charge utile, 4 tonnes. Vitesse normale, 12 kil.

8. De Dion-Bouton. Remorqueur porteur à vapeur, 45 chevaux. Charge utile, 4 tonnes; charge remorquée, 8 tonnes. Vitesse normale, 6 à 8 kil.

9. Valentin Purrey. Camion à marchandises à vapeur.

10. De Dietrich. Camion à pétrole, 9 chevaux (système A. Bollée). Charge utile, 2 400 kg. 4 vitesses.

11. (Comme le précédent).

12. De Dietrich, Voiture de livraison de banlieue à pétrole, 6 chevaux 1/2 (système A. Bollée). Charge utile, 800 kg. 4 vitesses.

13. Compagnie générale de transports automobiles. Voiture de livraison, électricité, 30 chevaux (système Jenatzy), 4 freins dont 2 électriques. Vitesse maxima 20 kil.

14. The Automobile Association. Petit camion à vapeur, système Leyland-Van, 6 chevaux, voyageurs ou marchandises.

15. The Automobile Association. Camion à vapeur, 12 chevaux (système Leyland-Wagon).

16. Cambier et Cie. Pompe à incendie à pétrole.

17. Cambier et Cie. Camion à pétrole.

18. Société des générateurs Serpollet. Omnibus à vapeur, 15 chevaux, chauffé aux huiles lourdes.

Les épreuves du concours, qui se sont terminées aujourd'hui mercredi 12 octobre, comprennent le double parcours des trois itinéraires désignés par A, B et C et dont les longueurs respectives sont de 41,5, 46,5 et 66,5 km; des arrêts avaient lieu tous les kilomètres sur l'itinéraire A, tous les cinq kilomètres sur le second et tous les dix kilomètres sur l'itinéraire C.

Itinéraire A. — Saint-Cyr, le Trou-Moreau, Villepreux (ravitaillement chez le directeur de l'École d'horticulture), Rennemoulin, Noisy-le-Roi, Bailly, Rocquencourt, château de Beauregard (ravitaillement chez M. Lacoste, au café-restaurant de Rocquencourt), Vaucresson, Villeneuve, Petit-Garches, Saint-Cloud, Paris (porte de Saint-Cloud), Sèvres (ravitaillement chez M. Schaffner, maison David, place du Parc), Bas-Chaville, Bas-Viroflay, Versailles (Chantiers).

Itinéraire B. — La Butte de Picardie, Ville-d'Avray, Suresnes, pont de Suresnes (ravitaillement à la Belle-Gabrielle), porte Maillot, pont de Suresnes (ravitaillement), Suresnes, Rueil, le Vésinet, Pied de la rampe de Saint-Germain (ravitaillement chez M. Lachenal, au Pecq), Cœur Volant et Rocquencourt.

Itinéraire C. — Saint-Cyr, Voisins-le-Bretonneux, Vaumurler (ravitaillement à l'auberge du Pavé), Cernay-la-Ville (ravitaillement au restaurant Avril), Chevreuse, Gif (ravitaillement au restaurant de la Croix-de-Grignon), l'Yvette, Orsay, Palaiseau (ravitaillement à l'hôtel de l'Éléphant) et Jouy-en-Josas.

Pendant ces parcours les commissaires ont effectué des mesures de consommation, de vitesse, des essais de démarrage et de freinage, etc.

Quelques incidents, sans aucune gravité d'ailleurs, se sont produits pendant ces parcours; comme ils ne paraissent pas être inhérents au procédé de traction employé, les véhicules à vapeur et à pétrole n'en ayant pas été plus exempts que les électromobiles, il nous paraît inutile de les relater.

L'électrolyse par les courants de retour des tramways électriques au pont de Brooklyn. — Dans le louable but de diminuer les frais d'établissement de leurs lignes, les compagnies de traction électrique cherchent, autant que les règlements leur en laissent la faculté, à diminuer le capital immobilisé par l'établissement de feeders de retour.

Cette pratique n'est pas sans inconvénients. Les éclissages électriques, si satisfaisants qu'ils soient au début, ne tardent pas en effet à donner au circuit de retour une résistance telle qu'aux points éloignés de la station génératrice la différence de potentiel entre les rails et le sol devient suffisante pour produire des phénomènes électrolytiques dont il est impossible de prévoir les conséquences.

Le fait suivant nous semble confirmer la nécessité de ne pas hésiter à faire les dépenses nécessitées par l'établissement de feeders de retour.

A New-York, plusieurs longrines du fameux pont de Brooklyn se sont rompues pour des causes non complètement élucidées, mais parmi lesquelles paraît être l'électrolyse due aux courants de retour. Les journaux quotidiens n'admettent même que cette dernière cause et ils semblent avoir raison, car, d'après notre confrère technique *American Electrician*, les câbles du funiculaire allant d'une extrémité à l'autre du pont, sont parcourus par des courants assez intenses pour qu'une aiguille aimantée placée dans leur voisinage soit déviée à angle droit et pour que l'on puisse souvent constater l'établissement d'arcs électriques entre ces câbles et les poulies guides ou les poulies motrices. L'origine de ces courants paraît être Fulton Street où à certains moments de la journée le trafic par tramways électriques est extrêmement intense : les courants de retour, au lieu de suivre les rails pour atteindre la station génératrice de Kent Avenue, préféreraient alors suivre le pont, la distance qu'ils ont à franchir se trouvant ainsi considérablement raccourcie. Toutefois ces courants de retour ne sont pas les seuls à suivre les câbles du pont car à d'autres moments de la journée on constate, par le sens de la déviation d'une aiguille aimantée, que les courants ont changé de sens; c'est ce qui arrive en particulier lorsque, la circulation des tramways ayant diminué sur le pont, on substitue la traction électrique à la traction funiculaire, cette dernière n'étant employée comme nos lecteurs le savent (voir *L'Éclairage Électrique*, t. VII, p. 457) que quand la circulation est très active.

L'électricité dans la marine. — Le ministre de la marine vient d'adresser, dans les ports, une circulaire demandant les noms des lieutenants de vaisseau-torpilleurs, qui seraient désireux de suivre les cours de l'Ecole supérieure d'électricité de la rue Staël, à Paris. Quatre places sont réservées aux officiers dans cette école dont les cours ouvriront probablement le 1er novembre. Les lieutenants de vaisseau qui y seront admis subiront un examen de sortie devant le Comité de l'école.

M. Lockroy a décidé qu'il sera créé une spécialité de marins torpilleurs électriciens affectés plus spécialement à la conduite des appareils électriques sur les bâtiments les plus importants.

A cet effet, il est ouvert des engagements volontaires de trois ans pour les ouvriers électriciens de l'industrie justifiant de connaissances professionnelles suffisantes ; il est fait appel au recrutement pour composer, de concert avec l'inscription maritime, les contingents d'instruction des apprentis marins torpilleurs ; enfin, il va être ouvert dans les cinq ports des examens passés par une commission spéciale pour tous les brevetés torpilleurs, gradés ou non, en vue de la désignation des plus instruits pour la conduite des appareils importants.

Traction électrique. — **Béziers.** — A la date du 15 août dernier, le ministre des travaux publics,

conformément à l'avis du conseil général des ponts et chaussées, a reconnu qu'il y ayait lieu de prendre en considération l'avant-propos relatif à l'établissement dans la ville de Béziers d'un réseau de tramways électriques sous les réserves suivantes :

1° Sur la ligne n° 2, au delà de la rue Georges-Sand jusqu'au passage à niveau du chemin de fer du Midi, la voie sera reportée contre le mur de clôture des Petites Sœurs des Pauvres ;

2° Sur la ligne n° 4, dans l'avenue de la République, on reculera les bordures de trottoir de chaque côté de manière à donner aux zones libres de la chaussée la largeur réglementaire de 2,60 m.

3° L'attention de la municipalité de Béziers est appelée sur la convenance de maintenir le tracé de tramway de la ligne n° 1, de manière à éviter les suppressions d'arbres projetées le long du chemin de grande communication n° 19.

4° Le service vicinal sera consulté avant l'enquête au sujet des dispositions projetées pour l'installation des tramways sur les chemins dépendant de ce service. Le ministre autorise la mise à l'enquête de l'avant-projet après que le dossier aura été modifié conformément aux indications qui pourraient être reconnues plus favorables à la suite de l'instruction prévue aux paragraphes 2 et 4 ci-dessus.

En exécution de la décision ministérielle, l'avant-projet a été modifié et satisfaction a été donnée aux observations n°s 1 et 2.

Le service vicinal a été consulté au sujet des dispositions projetées et a transmis à M. le préfet, le 22 septembre dernier, son rapport favorable à l'enquête.

Il ne reste, avant de procéder à cette dernière formalité, qu'à répondre à l'observation n° 3 appelant l'attention de la municipalité sur la convenance d'établir le tracé des tramways sur la ligne n° 1, de manière à éviter les suppressions d'arbres projetées. L'avant-projet porte que la ligne n° 1, de Béziers à la mer, sera établie avec rails noyés (type Vignolle), sans saillie ni dépression jusqu'à l'hectomètre 3,150 ; à Saint-Martin, sur accotement, et, tout en restant accessible aux piétons, sera interdite aux voitures. De ce dernier point jusqu'à la mer la voie sera établie de nouveau avec rails noyés.

Le conseil déclare qu'il y a lieu d'établir la ligne n° 1, de Béziers à la mer, sur le chemin de grande communication n° 19, depuis l'hectomètre 3,150 jusqu'au point kilométrique 11,800, sur rails noyés (type Vignolle), sans saillie ni dépression.

— **Lodi.** — Le conseil communal de Lodi a accordé à la maison Monti le subside de 33 000 fr demandé pour la construction du tramway élec-

trique de Lodi à San-Colombano. De même à Borghetto, le conseil a voté à l'unanimité 33 000 fr. D'autres sommes semblent assurées, entre autres le concours de la ville de San-Colombano, qui est la plus directement intéressée à la construction de ce tramway. T.

— **Oneglia.** — Il vient de parvenir au ministère des travaux publics un projet sommaire de l'ingénieur Antonio Alessi, du service technique de la commune de Oneglia, pour la construction d'un tramway à traction électrique d'Oneglia à Ormea, lequel constituerait un moyen rapide de communication entre le Piémont, la Ligurie et la Provence, favorisant grandement le trafic de ces régions fertiles.

M. Alessi, l'auteur du projet, propose de tirer du Tanaro la force nécessaire pour la production de l'énergie électrique.

Pour la construction, la somme de 2 500 000 lires serait suffisante. L'énergie électrique sera transmise au moyen d'un trôlet.

— **Rome.** — La traction électrique par voitures à accumulateurs est employée exclusivement sur la ligne entre la place del Popolo et celle del Plebiscito par la voie Ripetta. Le service par chevaux qui fonctionnait auparavant est abandonné. T.

— **Saragosse.** — La direction générale des Travaux publics vient d'autoriser la Empresa de tranvias de Zaragoza à substituer la traction électrique avec câble aérien à la traction animale.

— **Tourcoing.** — Bientôt Tourcoing possédera une ligne de tramway électrique qui fera le service entre la place Saint-Christophe et le Pont-de-Neuville.

Dans sa séance du 15 octobre 1896, le conseil municipal avait élaboré une convention à passer avec la Compagnie nouvelle des tramways électriques. Cette convention a été complétée, et, après y avoir fait quelques modifications, elle a été présentée à nouveau au conseil municipal qui l'a définitivement approuvée dans sa séance du 1er juillet dernier. Le 5 du même mois, elle a été passée avec la Compagnie des tramways qui l'a acceptée.

Par cette convention, la ville de Tourcoing s'engage à rembourser dans le délai de un mois la somme dépensée par la Compagnie pour la construction de la ligne. La dépense variera entre 25 000 et 30 000 fr.

La nouvelle ligne partira de la place Saint-Christophe, passera place de l'Hôtel-de-Ville, suivra les rues Nationale, Saint-Jacques et de Gand, jusqu'au point dit le Pont-de-Neuville.

Les travaux sont actuellement commencés et on espère qu'ils seront terminés dans deux mois.

— **Vienne-le-Château (Marne).** — Dernièrement le conseil municipal a voté, à l'unanimité, l'établissement d'un tramway électrique de Vienne-le-Château à la gare de Vienne-la-Ville.

Éclairage électrique. — **Doué-la-Fontaine (Maine-et-Loire).** — La petite ville de Doué-la-Fontaine installe une usine d'éclairage électrique dans l'ancienne halle aux blés. Cette usine comprendra :

1° Une machine à vapeur à condensation, d'une puissance de 50 chevaux, construite par la maison Piguet, de Lyon ; cette machine recevra la vapeur de trois générateurs multitubulaires inexplosifs, système Babcok et Wilcox ;

2° Une dynamo, système Thury, construite au Creusot ;

3° Une cheminée en briques de 25 m de haut, et de 0,80 m de diamètre au sommet.

C'est M. Luminais fils, administrateur délégué de la Société anonyme pour l'éclairage et la transmission de la force par l'Électricité dans l'Ouest de la France, qui est chargé de l'installation.

— **Lyon.** — Jusqu'à présent il y avait deux concurrents pour la distribution de l'éclairage électrique à Lyon : la Compagnie du gaz et celle des Forces motrices du Rhône. Il en survient une troisième, la Compagnie des omnibus et tramways de Lyon, créatrice de la Société lyonnaise d'énergie électrique récemment constituée.

Celle-ci a demandé à la municipalité l'autorisation de prendre, sur le courant de la Compagnie des tramways, les excédents d'énergie pour les conduire par câbles souterrains dans une station où se trouveront les appareils nécessaires à leur transformation et à leur emmagasinement.

Le courant d'éclairage en résultant sera envoyé souterrainement chez les clients; cette utilisation sera faite au moyen de procédés appartenant en propre à la Société lyonnaise d'énergie électrique.

Une opposition s'est produite de la part de la Compagnie du gaz de Lyon, qui a protesté contre les prises de courant que la Société d'énergie électrique comptait faire sur les fils aériens des tramways de Lyon. Mais la Société d'énergie électrique a tourné la difficulté et a déclaré qu'elle renonçait provisoirement à se brancher sur les fils aériens et qu'elle se contenterait de prendre les courants sur la canalisation souterraine.

Le conseil municipal a accordé cette permission.

Une heureuse conséquence qui se dégage de là, c'est le bas prix auquel l'éclairage électrique sera fourni aux Lyonnais avec trois concurrents.

— **Smyrne.** — Ahsmed Bartlett a obtenu de la Porte la concession pour l'établissement de l'éclairage électrique de Smyrne et de Salonique, ainsi que la traction électrique des tramways.

Maison Bréguet. — Les actionnaires de la Société sont convoqués, le samedi 22 octobre prochain, en assemblée générale ordinaire, pour entendre la lecture du rapport du conseil d'administration et du commissaire sur l'exercice 1897-1898; approuver les comptes; fixer le dividende et élire un commissaire et un sous-commissaire des comptes pour l'exercice 1898-1899.

Les propriétaires d'actions au porteur devront déposer, huit jours à l'avance, leurs titres dans les caisses de la Société et présenter le certificat du dépôt le jour de l'assemblée.

Un minimum de dix actions est nécessaire pour prendre part aux délibérations.

Compagnie des Tramways de Rouen (au capital de 10 000 000 de fr). — Le Conseil d'administration a l'honneur d'informer MM. les actionnaires de la Compagnie des Tramways de Rouen que, conformément à la délibération prise en séance du 10 septembre dernier, un acompte de 12,50 fr sur les bénéfices de 1898 sera mis en paiement à dater du 15 octobre, soit net d'impôt à raison de :

11,50 fr pour les actions au porteur,
Et 12 fr pour les actions nominatives.

Compagnie parisienne de l'Air comprimé, Force motrice, Éclairage électrique. — Les actionnaires sont informés que, par décision de l'assemblée générale du 19 juillet 1898, les 40 000 actions, formant le capital ancien de la Société, doivent être échangées, à raison de 5 anciennes pour 2 actions nouvelles, contre 16 000 nouvelles de 500 fr, et qu'en exécution de cette décision l'échange se fait au siège de la Compagnie depuis le 12 septembre 1898.

Les dépôts d'actions auront lieu contre récépissés délivrés par la caisse, et un avis ultérieur indiquera aux déposants les jours et heures de la délivrance des actions nouvelles et des titres provisoires en représentation des rompues.

Les actionnaires sont également informés que les actionnaires porteurs d'actions nouvelles ou justifiant du dépôt de leurs actions anciennes avec réquisition d'échange, seront seuls admis à prendre part aux Assemblées et à jouir de tous autres droits attachés aux actions.

Compagnie française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston. — Le Conseil d'administration a l'honneur d'informer les porteurs d'obligations 5 p. 100 que le coupon d'intérêts semestriels échu le 1er octobre est payé à partir de cette date, sous déduction des impôts établis par les lois de finances, soit net :

12 fr pour les titres nominatifs.
11,47 fr pour les titres au porteur.

Le remboursement à 498 fr, impôts déduits, des obligations désignées par le sort au tirage qui a eu lieu le 10 septembre, est effectué également depuis le 1er octobre prochain.

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, 58 bis, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

267 640. **Behrend.** 23 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris, le 8 juin 1897, pour appareil pour la production d'effets de courant continu à l'aide de courant alternatif.

276 186. **Saglier.** 25 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris, le 22 mars 1898, pour des perfectionnements dans les lampes électriques à incandescence.

278 002. **Levavasseur.** 17 mai 1898. — Perfectionnements aux transformateurs à courants alternatifs.

278 020. **Société Aktiebolaget L. M. Ericsson et Co** 17 mai 1898. — Appareil automatique à percevoir les taxes pour les conversations téléphoniques et pour les télégrammes transmis par téléphone.

278 021. **Société Allan et Adamson Limited.** 17 mai 1898. — Perfectionnements apportés aux accumulateurs électriques.

278 078. **Haylock.** 18 mai 1898. — Perfectionnements dans les coupe-circuits et commutateurs pour moteurs et autres appareils électriques.

278 088. **Ullmann.** 18 mai 1898. — Interrupteur automatique en contact temporaire à fermeture limitée et à rupture brusque pour circuits électriques.

NOUVELLES

Concours international de tracteurs et d'automobiles électriques pour gros poids. — L'an prochain aura lieu à Gand, à l'occasion de l'Exposition provinciale, une exposition internationale avec concours pour automobiles et tracteurs électriques.

Les tracteurs sont destinés à remplacer les chevaux aux transports des engins de sauvetage, pompes à incendie, échelles, dévidoirs, trains de secours, etc..., ils doivent donc toujours être prêts à partir à la première alerte.

La conservation, la formation et la production de la force motrice ne doivent pas être trop coûteuses.

Le concours est divisé en deux catégories, la première pour la traction utile d'un poids de 2 500 kg, la deuxième pour la traction d'un poids supérieur et jusqu'à 5 000 kg.

Dans les deux cas, le poids du tracteur n'est pas compris.

A pleine charge, ces appareils devront pouvoir donner une vitesse de 20 km à l'heure sur palier, et de 4 km à l'heure sur rampe de 0,08.

Les machines exposées seront soumises à des examens et à des essais sérieux, dont les résultats seront consignés et publiés en rapports détaillés. C'est le premier concours de ce genre organisé en Belgique. Nous attirons en outre l'attention sur un autre concours, celui pour avertisseurs automatiques d'une surélévation anormale de la température dans les locaux fermés.

Traction électrique. — **Montpellier** (voir *Suppl.* t. XV, p. LXXVIII). — La direction des Tramways électriques de Montpellier a livré au service public, depuis le 15 septembre, la ligne de Palavas (la dernière restant à ouvrir).

Cette ligne prévue de l'octroi de Palavas au rond-point de l'École normale, sera provisoirement exploitée de l'octroi de Palavas à l'Esplanade, en attendant la construction de nouveaux garages ou raccordements qui permettront de la poursuivre jusqu'au rond-point de l'École normale.

— **Nogent-sur-Marne.** — La Compagnie Thomson-Houston va réaliser, dans l'usine de la Maltournée des Tramways Nogentais, une intéressante application de générateurs du type Belleville à économiseur.

L'usine comprendra tout d'abord quatre chaudières capables de produire ensemble 8 000 kg à l'heure et pouvant être poussées sans peine jusqu'à 10 000 kg en cas de besoin. Un nouveau groupe semblable au premier sera monté plus tard.

A chaque groupe de quatre générateurs seront adjoints deux accumulateurs de vapeur dont les dispositions ont été étudiées par MM. Delaunay Belleville et Cie, fournisseurs des générateurs.

Les accumulateurs permettront de faire aussi aisément face qu'avec des chaudières à grand volume, aux à-coups de dépense qui se produisent inévitablement dans un service de tramways.

D'autre part, on réalisera les avantages spéciaux aux générateurs du système Belleville : sécurité, faible encombrement, mise en pression rapide, économie de combustible due à l'emploi de l'économiseur.

— **Roanne.** — Le maire de Roanne a été avisé par l'ingénieur des ponts et chaussées, que le rapport sur les tramways électriques était envoyé à Paris avec un avis favorable de l'administration.

Éclairage électrique. — **Flavigny-le-Petit (Aisne).** — Nous apprenons que cette petite ville sera prochainement éclairée à l'électricité ; c'est M. Vinchon fils, de Monceau-sur-Oise, qui a été chargé de l'installation et de l'exploitation.

— **Gevrolles.** — M. Leclerc, propriétaire de la scierie de Gevrolles, se propose d'éclairer non seulement l'usine et ses dépendances, mais le village

qu'il a arrêté ainsi qu'il suit les conditions des examens pratiques et théoriques à faire subir aux candidats :

Examens pratiques. — Les épreuves manuelles auxquelles devront être soumis les candidats ouvriers électriciens comprendront trois opérations choisies respectivement dans chacun des trois groupes A, B, C, ci-dessous :

A. — 1° Faire une jonction de conducteurs à plusieurs fils ; 2° greffer un conducteur sur un autre ; 3° confectionner un balai ; 4° tailler un balai ; 5° remettre en état un balai dont les fils sont rebroussés.

B. — 1° Confectionner un commutateur ; 2° confectionner un interrupteur ; 3° confectionner un coupe-circuit ; 4° confectionner une borne jonction ; 5° étant donnée une lampe à incandescence, confectionner une douille qui s'y adapte.

C. — 1° Démonter et remonter un élément de pile Leclanché ; 2° démonter et remonter une sonnerie trembleuse ; 3° interposer sur un circuit donné une sonnerie ou un galvanomètre ; 4° étant donnés une pile, une sonnerie et un interrupteur, les installer en circuit.

Examens théoriques. — Les candidats devront être nterrogés sur les matières suivantes :

D. — Composition et nomenclature d'un circuit complet. Elément de pile pour sonnerie et pile d'essai. Dynamo (type de canot). Tableau de distribution. Ampèremètre. Voltmètre. Commutateurs. Interrupteurs. Coupe-circuits. Lampes à incandescence. Douilles de fixation. Lampes à arc. Fanaux de signaux. Eléments d'accumulateur. Batterie d'accumulateurs.

E. — Piles : charger et monter un élément. Insérer une pile à sonnerie dans un circuit. Dynamos : préparatifs de mise en marche. Epreuves d'isolement. Serrage des balais Surveillance pendant la marche. Indication des instruments. Graissage. Indice de mauvais fonctionnement, échauffement, étincelles, indications anormales du tableau. Précautions à prendre pendant les manipulations. Entretien des appareils au repos. Visite des contacts sur tout le circuit. Accumulateurs : montage, remplissage, fermeture, charge et décharge. Conditions de fonctionnement normal. Précautions et soins généraux. Une note devra être donnée pour chacune des épreuves professionnelles comprises dans les groupes A, B, C et pour chacune des parties D, E de l'examen thérique. Ces notes seront multipliées par les coefficients suivants : 1° pour chacun des essais manuels ; 2° pour chacune des notes de l'examen théorique formant un total de 7. Les certificats d'admissibilité seront délivrés dans les conditions prévues par les art. 44 à 47 de l'arrêté du 5 juin 1897 sur le service courant ; toutefois aucun candidat ne pourra être admis s'il n'obtient un minimum de 98 points correspondant à une moyenne de 14. Les candidats qui auront fait preuve de l'aptitude exigée seront admis dans les équipages de la flotte avec le grade d'ouvrier électricien de 1re, de 2e ou de 3e classe suivant le certificat d'admissibilité qui leur aura été délivré, et recevront la solde d'ouvrier mécanicien de la classe correspondante. Les examens auront lieu dans la première dizaine de chaque mois, à une date qui sera fixée par le préfet maritime.

Composition de la commission. — *Dans les ports.* — Un capitaine de frégate ; un lieutenant de vaisseau (torpilleur) ; un mécanicien principal de 1re classe (torpilleur autant que possible).

A Paris. — Le chef du service central des torpilles et de l'électricité ; un lieutenant de vaisseau attaché à ce service ; un ingénieur des constructions navales attaché à ce service.

Achat de la Compagnie Walker par la Compagnie Westinghouse. — A la suite de pourparlers engagés depuis déjà quelque temps, un arrangement définitif a été conclu, le 16 septembre dernier, par lequel la Westinghouse Electric and manufacturing, Company, de Pittsburgh, achète toutes les actions de la Compagnie Walker et toutes les obligations, sauf une partie, qui restent comme première hypothèque sur les propriétés ; le montant total des obligations est de 12 500 000 fr ; sur ce total, 4 250 000 fr seulement ne sont pas achetés. Les premiers propriétaires de la Compagnie Walker entrent dans le Conseil d'administration de la Compagnie Westinghouse, qui profitera ainsi de leurs relations et de leur influence, des contrats apportés et en même temps de la suppression des procès engagés par elle et la General Electric Company contre la Walker ; celle-ci se trouve, en effet, profiter de l'ar-

-angement conclu entre ces deux dernières compagnies et en vertu duquel chacun peut utiliser les brevets de l'autre.

La Compagnie Walker continuera, au moins en apparence, à avoir une existence commerciale indépendante, et les ateliers de Cleveland seront conservés. R.

Une barbe de prix. — S'il faut en croire un petit entrefilet de *The Electrical World*, un curieux procès serait sur le point d'être jugé aux Etats-Unis. Un monsieur Max Meyer réclamerait, parait-il, à la United States Electrical Supply Company, des dommages et intérêts pour la perte de sa barbe et de ses cheveux sur le côté droit de la tête. Il se contenterait de la modeste somme de 50000 fr. « Excusez du peu », aurait dit Rossini, qui s'entendait à faire chanter. Le plaignant avait la charge, à l'exposition de Madison Square Garden, au mois de mai dernier, des appareils à rayons X de la Compagnie. Il pense que la cause de la maladie de son cuir, jadis chevelu, réside dans le maniement du fluoroscope. Un médecin lui a déclaré qu'il était cuit du côté droit; il reproche à la Compagnie de ne l'avoir pas prévenu que les rayons X étaient si rasants et, en conséquence, lui réclame de quoi s'acheter une perruque. Il ne manque pourtant pas de toupet! R.

Les nouvelles installations électriques de Fribourg (Suisse). — Le développement des applications de l'électricité à Fribourg a depuis longtemps rendu indispensable l'adjonction d'une nouvelle usine génératrice à l'usine du Barrage décrite en 1896 dans ce journal (t. IX, p. 493). Dans ce but un concours, annoncé ici, a été ouvert par l'Etat de Fribourg pour l'utilisation de la puissance motrice de la rivière la Sarine. Les résultats du concours ne sont pas encore connus; voici toutefois les grandes lignes du projet qui parait devoir être adopté :

La Sarine sera captée immédiatement à l'aval du pont de Thury au moyen d'une digue à barrage mobile. Quand le niveau de l'eau de la Sarine atteindra une certaine cote, le barrage basculera automatiquement. Ce système a dû être adopté en raison du débit très inégal et des crues soudaines de la rivière.

Du barrage l'eau sera conduite au réservoir de mise en charge, par un canal d'amenée souterrain sur une longueur de 8 900 m. Le réservoir de mise en charge, souterrain lui-même sur une centaine de mètres, situé à Hauterive, sera muni d'un déversoir rendant à la Sarine l'eau superflue par une chute de 53 m.

De ce réservoir l'eau sera amenée au bâtiment des turbines par deux conduites en tôle de 1,60 m de diamètre et de 160 m de longueur. Les travaux et constructions, y compris l'usine et son matériel, sont estimés à 3 millions de francs.

La puissance constamment utilisable sera de 5 600 chevaux. Mais on a prévu l'établissement d'un réservoir accumulateur d'une contenance de 120 000 m³ retenant l'eau inutilisée la nuit et aux heures de la journée où la consommation d'énergie est faible et qui permettrait de disposer pendant trois ou quatre heures d'une puissance totale de 12 000 à 20 000 chx.

Traction électrique. — **Alger.** — Le conseil vient d'émettre un avis favorable, relativement au vœu de M. Chaze, tendant à ce que la Compagnie Thomson-Houston établisse un service de tramways d'Alger à El-Biar, par les tournants Rovigo.

— **Bellune (Italie)**. — Les ingénieurs Ciceri et Conti ont présenté au ministre des travaux publics, la demande en concession pour la construction d'un tramway électrique entre Bellune et Perarola. La ligne aurait 36 km. Les frais prévus sont de 2570000 fr, dont 600000 pour les conducteurs et l'usine hydro-électrique, 1746000 pour la construction du tramway (route, ligne et stations), et 224000 pour les automobiles et voitures remorquées. T.

— **Benevento-Cancello-Naples**. — Un comité pour l'exécution de cette ligne est en formation. (*Office national du commerce extérieur.*)

— **Braila**. — Construction d'un tramway électrique entre cette dernière ville et la station balnéaire de Lacul-Sarat (environ 7 km). (*Office national du commerce extérieur*).

— **Brianza**. — Il est question de prolonger par une ligne à traction électrique jusqu'au centre de la Brianza le tramway Monza-Barzano. (*Office national du commerce extérieur*).

— **Côme (Italie)**. — A Côme même on a le projet, à l'occasion de l'exposition internationale d'électricité, qui aura lieu en 1899, d'établir un tramway électrique qui partirait de la station de la ligne Méditerranée, pour rejoindre l'embarcadère des bateaux à vapeur du lac et qui toucherait également la station du chemin de fer Nord et celle du funiculaire Côme-Brunato. (*Office national du commerce extérieur.*)

— **Constantinople**. — Le bureau technique du ministère des travaux publics vient de présenter à Mahmud Djelaleddin Pacha, un long rapport sur les avantages qui résulteraient de l'adoption de la traction électrique par la Constantinople Tramway Company.

— **Glasgow**. — La Corporation de Glasgow va donner prochainement une plus grande extension à son réseau de tramways électriques. Rappelons qu'il y a cinq ans que le réseau de Glasgow devint la propriété de la Corporation qui, sur sur une longueur de trois milles seulement y établit la traction électrique avec trôlet aérien. Aucune méthode souterraine ne fut possible vu la bifurcation du Central Caledonian Railway qui vient à cet endroit à quelques pieds de la surface de la rue. Pour cette même raison, la transmission par câble funiculaire fut impossible. Une ligne de protecteurs est placée au-dessus des fils aériens afin d'éviter les contacts avec les fils télégraphiques et téléphoniques. A part quatre nouvelles voitures, il n'y a pas d'impériales. L'exploitation de cette ligne ayant donné d'excellents résultats, la Corporation de Glasgow, qui gagne actuellement 80000 livres par an avec ses tramways, va étendre ce système aux autres lignes, ce qui ne contribuera pas peu à augmenter ses profits. Sid.

— **Lecco à Côme par Lara, Tavernerlo, Albise et Erba**. — Les auteurs de la proposition ne demandent à la province que l'élargissement sur trois points de la belle route Côme-Lecco. (*Office national du commerce extérieur.*)

— **Madrid**. — A une des dernières réunions du Conseil municipal il a été présenté un projet de M. D. Gil Melendez y Vargas pour la prolongation de la ligne de tramways électriques de la Puerta del Sol à la rue de Lista, qui partirait de la Puerta del Sol, continuerait par les vois déjà établies et passerait successivement par la place del Angel

Principe Alfonso, rue du Prado, place des Cortès, place de Canovas, place et rue de Lealtad, Alfonso XII, place de la Independencia, rues Serrano, Columela, Lagasta, jusqu'à la rue de Lista, point terminus de la ligne.

— **Mézières (Ardennes)**. — On vient de commencer à Mézières les travaux d'installation de l'usine destinée à alimenter les tramways de Mohon, Mézières et Charleville. On espère que les travaux seront rapidement menés et que la ligne pourra être exploitée le prochain printemps.

— **Monza-Melzo**. — Dans une réunion tenue récemment à Gorgonzola, il a été proposé la création de cette ligne. (*Office national du commerce extérieur.*)

Éclairage Électrique. — **Brissy-Hamégicourt (Aisne)**. — L'éclairage électrique installé à Brissy et à Hamégicourt par Mr Georges Desson ingénieur-électricien à Saint-Quentin, a été inauguré le 10 septembre, à l'occasion de la fête de Brissy.

Sous peu, Moy-de-l'Aisne sera éclairée à son tour.

M. Desson va éclairer bientôt toutes les communes de la vallée supérieure de l'Oise.

— **Cercy-la-Tour (Nièvre)**. — Une installation de près de 400 lampes pour l'éclairage municipal et privé de cette petite commune est faite en ce moment par la Compagnie Electro-Mécanique. L'énergie est fournie par un moteur hydraulique.

— **Chalon-sur-Saône**. — Le préfet de Saône-et-Loire a approuvé, le 10 octobre, le traité passé avec la Compagnie d'éclairage pour l'installation de l'électricité dans la ville de Chalon.

— **Province de Cuneo (Italie)**. — La maison Ganz et Cie de Budapest a présenté aux municipalités des diverses communes qui se trouvent dans un rayon de 25 km autour de Cherasco, où elle doit établir une usine hydro-électrique, un projet d'éclairage électrique public et privé et de distribution de force motrice.

La maison se charge de tous les frais d'installation, fils, lampes, etc., et de l'entretien pendant toute la durée de la concession qui doit être de trente années. Pour l'éclairage public, le prix serait de 60 fr par lampe de 16 bougies allumée toute la nuit et de 40 pour une lampe allumée jusqu'à minuit. Pour les lampes à arc de 10 ampères, à courant alternatif, le prix serait de 0,30 fr l'heure. Le concessionnaire pourrait traiter avec les particuliers, soit à forfait, 35 fr par lampe-an de 16 bougies, soit au compteur, 0,10 fr l'hectowatt-heure.

La première commune qui sera ainsi éclairée est Savigliano, mais dans celle-ci l'éclairage public est limité parce que la municipalité s'est engagée pour vingt ans avec la Compagnie du gaz à consommer une quantité minima de gaz.

— **Estremera (Espagne)**. — Estremera, dans la province de Madrid, vient d'être dernièrement éclairé à l'électricité.

— **Villarejo (Espagne)**. — Nous apprenons que cette petite ville vient d'être éclairée à la lumière électrique.

Compagnie française d'Appareillage électrique. — Cette Société anonyme, au capital de 500 000 fr, divisé en 7 500 actions de 100 fr chacune, par suite d'une délibération du Conseil d'administration du 27 juillet 1898, a procédé à l'émission de 2 500 actions nouvelles de 100 fr chacune, devant porter le capital de 750 000 fr à 1 000 000 de fr.

En conséquence, elle a déclaré, à l'Assemblée du 30 août 1898, le capital social porté à 1 000 000 de francs, divisé en 10 000 actions de 100 francs chacune, constitué comme suit :

1 500 actions, attribuées à M. Grivolas, en représentation de son apport en Société, soit	150 000 fr
6 000 actions souscrites en espèces à la constitution de la Société, soit. . . .	600 000 »
Soit 750 000 francs, représentant le capital originaire	750 000 »
2 500 actions en augmentation du capital, suivant délibération des Assemblées extraordinaires des 27 juillet et 30 août 1898, soit	250 000 »
Total.	1 000 000 »

Compagnie des Omnibus et Tramways de Lyon. — MM. les actionnaires sont informés que, suivant décision prise par le Conseil d'administration, il a été mis en paiement, le 2 novembre dernier, un acompte sur les résultats de l'exercice 1898, de 12,50 fr par action ancienne, soit, sous déduction des impôts :

12 fr par action nominative
10,70 fr par action au porteur.

A la même date, il a été payé aux titulaires d'actions nominatives émises en juillet 1896, la somme de 11,916 fr brut ou de 11,44 fr net (impôt déduit), représentant, pour la période du 1er mai au 31 octobre, l'intérêt de 4 p. 100 des versements appelés sur les actions nouvelles.

Société d'électricité de la Méditerranée (F. Tennevin et Cie). — Cette société va établir un bureau à Montpellier.

MM Tennevin et Cie se proposent, pour faciliter le développement des installations électriques, de pratiquer une méthode qui a été très appréciée dans les grandes villes, où ils ont déjà des représentants Nous voulons parler des installations en location, ou payables par mensualités, qui offrent au client une garantie effective de premier ordre, et des facilités considérables de paiement.

Les demandes devront lui être provisoirement adressées à l'usine d'électricité, rue du Jeu-de-Ballon.

Tramways électriques de Montmorency, Enghien, Saint-Gratien. — Suivant délibération du Conseil d'administration de la Société anonyme des tramways électriques de Montmorency, Enghien, Saint-Gratien, au capital de un million cinq cent mille francs, prise le douze février mil huit cent quatre-vingt-dix-huit, le siège de la Société, précédemment à Paris, boulevard des Capucines, nº 24, a été transféré à Montmorency, rue des Loges, nº 12, à l'usine de la Société.

Adjudications, offres et demandes.

— **Helsingfors (Suède).** — La Helsingfors Sparvags Aktiebolag (Société des tramways d'Helsingfors), qui existe depuis une quinzaine d'années et exploite son réseau à l'aide de la traction animale a l'intention de substituer la traction électrique à cette dernière Un voyage d'études à l'étranger est entrepris actuellement par le directeur. Dès son retour, des offres pourront lui être adressées.

— **Lisbonne (Portugal)** — La Companhia dos Carris de Lisbôa a décidé l'installation de la traction électrique sur son réseau, et dans ce but demande des soumissions.

— La Compagnie de Gaz et Electricité a l'intention d'étendre son réseau. Plusieurs maisons françaises ont déjà envoyé leurs conditions a M. Straus, ingénieur des travaux du port de Lisbonne, qu'ils ont chargé de s'occuper de leurs intérêts en Portugal.

— **Pologne.** — On nous informe qu'il serait désirable que l'industrie électrique française eût des représentants autorisés en Pologne où seule l'industrie allemande y est représentée.

— **Sosnowice (Pologne).** — La Société des charbonnages de Sosnowice (une affaire française) a décidé l'installation de pompes et treuils de 100 à 125 chevaux exigeant ensemble une force motrice de 2 000 chevaux. Les maisons françaises peuvent envoyer des propositions.

— **Slatina (Roumanie).** — La municipalité demande des offres pour l'éclairage électrique de la ville.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES

AE American Electrician.
A E I Atti della Associazione elettrotecnica Italiana.
AT Annales télégraphiques.
B S E Bulletin de la Société d'Encouragement.
D E L Die Elektrizitæt (Leipzig).
E Engineering (Londres).
E am The Engineering and Mining Journal (New-York).
E C L'Electrochimie.
E En The Electrical Engineer (New-York).
El The Electrician (Londres).
Elé L'Electricien.
E Ls L'Elettricista (Rome).
E M The Engineering Magazine (New-York).
E R Electrical Review (Londres).
E T R Elektrotechnische Rundschau (Francfort-sur-Mein).
E T Z Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin).
E W The Electrical World (New-York).
Gc Le Génie civil.
I C Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.
Ie L'Industrie électrique.
I E C L'Industrie électrochimique.
I I Industries and Iron (Londres).
J EE Journal of the Institution of Electrical Engineers (New-York).
J P Journal de Physique.
J T Journal télégraphique (Berne).
N C Il Nuovo Cimento (Pise).
P C R Journal de la Société physico-chimique russe (Saint Pétersbourg).
P M Philosophical Magazine (Londres).
P S L Proceedings of the Physical Society of London.
Rgds Revue générale des Sciences.
Ri Revue industrielle.
RL Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei (Rome).
R M Revue de mécanique.
R N Rendiconti dell'Accademia di Napoli.
SA Journal of the Society of Arts (Londres).
Sie Bulletin de la Société Internationale des Electriciens.
S R J Street Railway Journal (New-York et Chicago).
T P Revue des Transports parisiens.
U E Bulletin des Usines électriques
Z E C Zeitschrift für Elektrochemie (Halle).
Z E T Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne).
W A Annalen der Physik und Chemie de G. et E. Wiedemann (Leipzig).

Théorie.

Les surfaces équipotentielles dans le champ électrique autour d'un anneau électrisé : N. Boulgakoff (P C R, p 103, n° 5).

Détermination expérimentale de la capacité d'un conducteur ayant la forme annulaire ; N. Boulgakoff et Smirnoff (P C R, p. 126, n° 5).

Courants alternatifs (I I, p. 322, 21 octobre).

Sur la détermination des forces électromotrices caractéristiques efficaces des courants alternatifs ; C.-P. Feldmann (E T Z, p. 698, 20 octobre).

Sur une méthode simple pour la détermination des composantes harmoniques d'une quantité périodique ; E.-J. Houston et A.-E. Kennelly (E T Z, p. 714, 27 octobre).

Phénomènes thermiques dans les circuits de décharge des condensateurs ; P. Cardani (E Ls, p. 217, octobre).

Variation de la capacité d'un condensateur avec la fréquence des courants alternatifs employés ; J. Hanauer (W A, p. 789, juillet).

Dérivation des courants par les conducteurs interposés (dans un électrolyte) ; J. Stark (W A, p. 245, octobre).

Diélectriques en rotation dans un champ magnétique, remarques au travail de M. Campetti sur ce sujet ; H. Benndorf (W A, p. 890, juillet).

Complément à la note sur les propriétés diélectriques de la glace ; R. Abegg (W A, p. 922, juillet).

Variation de la constante diélectrique du verre par la traction mécanique ; Ercolini (R L, p. 172, 2 octobre).

Action mutuelle de deux circuits : application à la détermination des constantes diélectriques, J.-A. Erskine (W A, p. 269, octobre).

Décharge par les pointes des courants à alternances rapides ; K. Wesendonck (W A, p. 341, octobre).

Application des courants alternatifs de haute fréquence à l'étude des décharges électriques dans les gaz raréfiés ; H. Ebert (W A, p. 761, juillet).
Stratifications des vapeurs métalliques dans la volatilisation des fils par la décharge électrique ; M. Toepler (W A, p. 873, juillet).
Spectres de quelques éléments dans la décharge continue à travers les tubes de Geissler ; relation entre l'émission lumineuse, l'intensité du courant et la pression ; A. Kalane (W A, p. 815, juillet).
Mesures thermiques et électriques sur les tubes à décharges ; E. Wiedemann et G.-C. Schmidt (W A, p. 314, octobre).
Réfraction magnétique des rayons cathodiques ; A. Schuster (W A, p. 877, juillet).
Effet d'une fente sur la propagation des ondes hertziennes : K. Waitz (W A, p. 308, octobre).
Recherches théoriques et expérimentales sur les radioconducteurs ; E. Aschkinass (W A, p. 284, octobre).
Effet des ondes de différente nature sur les radio-conducteurs ; O. Leppin (W A, p. 885, juillet).
Recherches magnétiques sur le fer-blanc ; W. Rœhr (E T Z, p. 712, 27 octobre).
Eléments magnétiques terrestres à Potsdam pour l'année 1897 ; M. Eschenhagen (W A, p. 951, juillet).

Génération et distribution.

Moteurs thermiques et hydrauliques. — L'épuration des eaux d'alimentation (E R, p. 611, 21 octobre).
Expériences sur l'emploi direct des gaz de hauts fourneaux dans les machines motrices (Ri, p. 421, 22 octobre).
Le destructeur d'ordures de Schoreditch ; Kershaw (El, p. 17, 28 octobre).
La turbine à vapeur (E R, p. 617, 28 octobre).
Machines à vapeur et dynamos à couplage direct (Ri, p. 428, 22 octobre).
Dynamos et moteurs électriques. — Chute de voltage dans les dynamos shunt (E R, p. 583, 21 octobre).
Dynamos Jackson (E R, p. 627, 28 octobre ; El, p. 14, 28 octobre).
Dynamo de la Societa Esercizio Bacini de Genève (E Ls, p. 227, octobre).
Note sur la construction des commutateurs ; F.-J.-A. Matthews (E R, p. 584, 21 octobre).
La régulation des transformateurs ; Frederick Bedell (E W, p. 364, 8 octobre).
Moteurs électriques (El, p. 16, 28 octobre).
Piles et accumulateurs. — La pile au charbon Jacques ; John-W. Langley (I I, p. 344, 28 octobre).
Théorie chimique des accumulateurs au plomb ; F. Dolezalek (W A, p. 894, juillet).
Comparaison entre la charge des batteries d'accumulateurs à potentiel constant et la charge à intensité constante ; A.-A. Cahen et J.-M. Donaldson (E W, p. 366, 8 octobre).
Stations génératrices et installations. — Les installations de l'Elektrizitæts Actiengesellschaft, autrefois Schuckert et Cᵒ, à Nuremberg (E, p. 543, 28 octobre).
Les usines de la General Electric Cᵒ, à Schenectady ; Gallus (Elé, p. 283, 29 octobre).
Installations municipales de distribution d'électricité de Llandudno (El, p. 11, 28 octobre).
Les installations électriques de la ville de Butzbach (D E L, p. 493, 15 octobre).
Les installations municipales électriques du réseau de Belfast El, p. 837, 21 octobre).
L'extension des stations électriques de la corporation de Glasgow (El, p. 5, 28 octobre).
Distribution. — La période naturelle des conducteurs de transmission électrique et la fréquence des décharges atmosphériques ; Charles-Proteus Steinmetz (E T Z, p. 702, 20 octobre).
L'isolement des réseaux d'éclairage électrique (El, p. 846, 21 octobre).
Règlements concernant la distribution de l'électricité à Manchester (E W, p. 365, 8 octobre).
Appareillage. — Sonneries électriques (E R, p. 586 et 649, 21 et 28 octobre).
Substances isolantes tirées de l'huile de poisson ; E. Andreoli (Elé, p. 287, 29 octobre).

Traction.

La traction électrique sur les chemins de fer (E Ls, p. 233, octobre).

Application des courants alternatifs à la traction électrique (E R, p. 648, 28 octobre).
Traction par courants polyphasés (El, p. 8, 28 octobre).
Application des moteurs mécaniques à la traction des tramways. Rapport de M. Ziffer au congrès de l'Union internationale des tramways (Gc, p. 410, 22 octobre).
Comparaison entre les rhéostats et les contrôleurs série parallèle dans le service des tramways électriques; Thomas Gray (E W, p. 370, 8 octobre).
Sur les éclisses de rails (D E L, p. 485, 15 octobre).
Conduite souterraine pour tramways électriques, système Siemens et Halske; Gustave Braun (E W, p. 392, 15 octobre).
Système de traction Thompson-Walker à contacts superficiels (E R, p. 625, 28 octobre; El, p. 4, 28 obtobre).
Le Métropolitain de Paris. Travaux préparatoires en cours d'exécution (Gc, p. 405, 22 octobre).
Le chemin de fer électrique de la Jungfrau (E W, p. 387, 15 octobre).
Le tramway électrique de Cripple Creek (El, p. 845, 21 octobre).
Les tramways électriques de la municipalite de Glasgow (E R, p. 597, 21 octobre).
Les tramways électriques municipaux de Glasgow (E R, p. 633, 28 octobre).
Le tramway funiculaire de Glasgow (E R, p. 586, 21 octobre).
Electromobiles (D E L, p. 489, 15 octobre).
Générateurs et moteurs électriques pour automobiles (Ri, p. 424 et 434, 22 et 29 octobre).
Rapport du jury sur le concours des voitures de place automobiles (T P, p. 89, 15 octobre).
Le concours des poids lourds de 1898; H. Jarry (T P, p. 81, 15 octobre).
Traction électrique sur les canaux; A.-H. Allen (El, p. 851, 21 octobre).

Télégraphie et téléphonie.

Rupture des câbles sous-marins (E R, p. 651, 28 octobre).
La disparition prochaine des câbles sous-marins; Adolphe Combanaire (Elé, p. 270, 22 octobre).
Le câble Brest-New-York (E R, p. 596, 21 octobre).
Les télégraphes et les téléphones des Indes Britanniques pendant l'année 1896-1897 (J T, p. 217, 25 octobre).
Etudes sur la téléphonie moderne; Barth von Wehrenalp (Z E T, p. 489 et 505, 16 et 23 octobre).
Batteries d'accumulateurs du bureau central téléphonique de Chicago (E R, p. 620, 28 octobre).
Hôtel des Téléphones de la rue Gutenberg à Paris; G. de la Touanne (J T, p. 223, 25 octobre).

Electrochimie.

Actions chimiques exercées par l'effluve électrique (Ri, p. 426, 22 octobre).
La production de l'ozone; John B.-C. Kershaw (E W, p. 363, 8 octobre).
Des électrolyseurs pour l'électrolyse des chlorures alcalins (I E C, p. 67, septembre).
Le procédé Heibling pour la préparation des bichromates (I E C, p. 68, septembre).
Le carbure de calcium (I E C, p. 68, septembre).
Préparation du tungstène et du molybdène (I E C, p. 70, septembre).
Notes sur l'électro-déposition du cadmium et de ses alliages; Sherard Cowper Coles (E R, p. 587, 21 octobre).
Notes sur le nickel électrolytique; John B.-C. Kershaw (E R, p. 622, 28 octobre).
L'électrodéposition du cuivre (E, p. 528, 21 octobre).
Traitement électrolytique des minerais de cuivre (I E C, p. 71, septembre).
Procédé Dumoulin pour la déposition électrolytique du cuivre (E R, p. 624, 28 octobre).
L'électrodéposition de l'or au Transvaal; E. Andréoli (Elé, p. 268, 22 octobre).
Mines d'or de la Nouvelle-Zélande. District de la côte Ouest; F. Schiff (Gc, p. 401, 22 octobre).
Congrès de chimie appliquée à Vienne: M. Moritz (I E C, p. 65, septembre).

Mesures.

Remarques sur la résistance intérieure des piles étalons; J. Klemencic (W A, p. 917, juillet).
Etalons de force électromotrice mercure zinc et mercure cadmium; W. Jaeger et K. Kahle (W A, p. 926, juillet).
Compteur horaire électrique Richard (Elé, p. 267, 22 octobre).
Méthode pour déterminer la fréquence des courants alternatifs; Carl Kinsley (E R, p. 614, 21 octobre).
Phasemètre de von Dolivo Dobrowlski; M. Aliamet et E.-J. Brunswick (Elé, p. 284, 29 octobre).
Système de contrôle de l'isolement des installations indiquant directement l'intensité des pertes; M. Kallmann (E T Z, p. 683 et 700, 13 et 20 octobre).
Sur la mesure de la résistance d'isolement au moyen du téléphone; R. Nowotny (Z E T, p. 509, 23 octobre).
Détermination mécanique des courbes terminales des spiraux; Ch.-Ed. Guillaume (Sie, p. 333, août-octobre).

Divers.

L'avenir de l'industrie électrochimique (D E L, p. 488, 15 octobre).
Les incendies causés par l'électricité (D E L, p. 491, 15 octobre).
L'emploi de l'électricité pendant la guerre hispano-américaine; Thos. G. Grier (E W, p. 390, 15 octobre).
Explosion de mines sous-marines dans le port de Baltimore (E R, p. 599, 21 octobre).
Le second congrès de la Société Italienne de physique (E Ls, p. 222, octobre).
Seconde réunion de l'Association électrotechnique (E Ls, p. 229, octobre).
Compte rendu du voyage en Suisse des élèves de l'Ecole supérieure d'électricité (Sie, p. 339, août-octobre).
Laboratoire national de physique (El, p. 848, 21 octobre).
Rapport sur la partie électrotechnique de l'exposition du Jubilé (Z E T, p. 495, 16 octobre).

OUVRAGES REÇUS

Il est donné un compte rendu bibliographique de tout ouvrage dont **deux** *exemplaires sont donnés à la Rédaction,*

Les Terres rares, par P. Truchot. Un vol. in-8°, 315 pages, cartonné. *Georges Carré et C. Naud*, éditeurs. Prix : 5 fr.

L'application des sels des métaux rares à la fabrication des manchons pour éclairage par incandescence par le gaz a été suivie de tentatives nombreuses faites en vue de les utiliser dans la fabrication des filaments des lampes à incandescence. Bien que jusqu'ici ces tentatives n'aient pas été couronnées d'un succès complet, les résultats obtenus récemment par le Dr Auer von Welsbach permettent d'espérer qu'une solution satisfaisante du problème ne tardera pas à être trouvée. Quelques électriciens liront donc avec profit le volume que M. Truchot vient de publier sur les terres rares.

Torpilles et torpilleurs, par H. Brillié, ingénieur des constructions navales. Un vol. in-8°, 204 pages, 40 figures, 10 planches hors texte. *Georges Carré et C. Naud*, éditeurs. Prix : 5 fr.

Tous ceux qui s'intéressent à l'évolution de notre marine, à ses transformations, à ses progrès, liront ces pages avec un intérêt que la guerre hispano-américaine rend d'actualité et que les récentes modifications apportées au programme de nos divisions navales ne peuvent qu'accentuer. Les électriciens y trouveront des applications de l'électricité dans la description des torpilles dirigeables : dans l'étude des torpilleurs ils trouveront les éléments nécessaires pour juger si, comme on l'a proposé récemment aux Etats-Unis, l'énergie électrique peut être avantageusement substituée à la vapeur pour la propulsion de ces navires.

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, 58 bis, *rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.*

240 617. **Société de traction électrique sur les voies navigables.** 11 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 13 août 1894, par M. Galliot, et dont ladite Société est concessionnaire, pour un appareil appelé cheval électrique de halage.

245 419. **Laura.** 6 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 27 février 1895, pour perfectionnement dans les éléments des piles galvaniques au sulfate de cuivre.

264 935. **Blondot.** 26 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 13 mars 1897 pour un compteur d'électricité pour les courants alternatifs et les courants continus.

267 529. **Société anonyme de Commentry-Fourchambault.** 9 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 2 juin, 1887 pour système d'appareils magnéto-thermiques.

274 321. **Ducretet.** 26 mai 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 24 janvier 1898 pour perfectionnement dans la construction des appareils télégraphiques enregistreurs à signaux, genre Morse.

274 506. **Klostermann.** 3 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 31 janvier 1898 pour une nouvelle lampe à arc à traction magnétique.

276 735. **Darras.** 10 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 6 avril 1898 pour des perfectionnements dans les relais magnéto-électriques employés en télégraphie et téléphonie.

277 198. **Mouraille et Brousse.** 1er juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 22 avril 1898, conjointement avec M. Niedergang, pour une pile électrique dite *la Louidéine*.

278 459. **Damm.** 1er juin 1898. — Plaque-électrode pour accumulateurs électriques.

278 460. **Hart et Clark.** 1er juin 1898. — Perfectionnement aux piles secondaires ou accumulateurs.

278 481. **Lux.** 1er juin 1898. — Raccord pour compteurs d'électricité, lequel fait dépendre leurs indications des charges variées de la station centrale

278 486. **Soleau.** 1er juin 1898. — Système de commutateur à circuits multiples pour appareils d'éclairage par l'électricité.

278 562. **Kallmann.** 3 juin 1898. — Dispositif pour signaler les pertes de courant dans les conducteurs électriques.

278 580. **Smith.** 4 juin 1898. — Perfectionnement dans les câbles électriques.

278 592 **Payrard.** 4 juin 1898. — Four électro-thermique.

278 595. **D'Aragon.** 4 juin 1898. — Monture pour réflecteur et abat-jour.

278 617. **Zickler.** 6 juin 1898. — Télégraphie photo-électrique.

278 620. **Chabaud.** 6 juin 1898. — Système de machine dynamo-électrique.

278 621. **De Coincy.** 6 juin 1898. — Système de réglage de la différence de potentiels, aux bornes de l'induit des machines électriques.

278 622. **De Coincy.** 6 juin 1898. — Système de commande des régulateurs de courants électriques au moyen de la pression ou de la dépression d'un fluide quelconque.

278 628. **Duflos.** 6 juin 1898. — Accumulateur électrique

278 655. **D'Aragon.** 7 juin 1898. — Monture à douille pour réflecteur ou abat-jour de lampe à incandescence.

278 705. **Back.** 9 juin 1898. — Support articulé et ajustable pour récepteurs téléphoniques avec fermeture de contact automatique.

278 716. **Wydts et Weissmann.** 8 juin 1898. — Nouveau dispositif permettant d'abaisser la tension d'un courant électrique continu.

278 719 **Turpain.** 13 juin 1898. — Nouvel appareil permettant d'établir des communications multiples indépendantes télégraphiques ou autres sur un seul fil entre divers appareils situés sur deux ou plusieurs postes.

278 754. **Bilharz.** 10 juin 1898. — Perfectionnements apportés aux lampes à incandescence.

278 764. **Rameau.** 10 juin 1898. — Nouveaux filaments pour lampes à incandescence électriques.

278 770. **Stempel.** 10 juin 1898. — Perfectionnements aux téléphones.

278 788. **Desroziers.** 11 juin 1898. — Système de transformateur pour énergie électrique.

278 808. **Houpied et Girard.** 13 juin 1898. — Dispositif permettant de régulariser la production de l'étincelle fournie par le fil induit d'une bobine d'induction, applicable spécialement aux appareils d'allumage pour moteurs à mélanges tonnants.

278 811 **Popper.** 13 juin 1898. — Dispositif servant à la production de l'électricité au moyen de courants de liquides sans l'emploi de moteurs.

278 814. **Société Siemens et Halske Aktien-Gesellschaft.** 13 juin 1898. — Disposition pour mesurer la différence du potentiel à des points distants des installations à courants alternatifs au polyphasés.

278 815. **Société Siemens et Halske Aktien Gesellschaft.** 13 juin 1898. — Nouvelle disposition d'arrêt mixte pour ligne aérienne et accumulateurs.

278 843. **Denissel.** 13 juin 1898. — Accumulateur électrique dont les plaques positives et négatives sont formées par des cuvettes en plomb remplies de sel de plomb dont le haut est fermé par un grillage métallique de même nature.

278 851. **Société Veritys Limited et M. Stelle.** — 14 juin 1898. — Coupe-circuit électrique de sûreté perfectionné.

278 879. **Société Solvay et Cie.** 14 juin 1898. — Appareil électrolyseur à mercure.

NOUVELLES

Nécrologie. — Latimer Clark. — Né le 10 mars 1822, Latimer Clark vient d'être enlevé à la science et à l'industrie; il est décédé le dimanche 30 octobre, après une maladie de quelques jours seulement.

C'est en 1850 que Latimer Clark, après avoir débuté dans l'industrie chimique et avoir dirigé la construction du pont tubulaire Britannia, commença à s'occuper d'électricité. Nommé ingénieur en second de la Electric Telegraph Company, il ne tarda pas à devenir ingénieur en chef de cette Compagnie. Dès son entrée en fonctions il apporta divers perfectionnements à la télégraphie terrestre, puis s'occupa des lignes sous-marines.

Il fut un des premiers à demander l'adoption d'un système rationnel d'unités électriques, et en septembre 1861 il développait ses vues à ce sujet au Congrès de Manchester de l'Association anglaise pour l'avancement des sciences.

Il était chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Royal Society, président honoraire de la Society of Telegraph Engineers and Electricians.

Le trôlet dans Paris. — Nos lecteurs savent que, l'an dernier le conseil municipal et le conseil général autorisaient, à *titre provisoire*, la Compagnie générale parisienne des tramways à installer la traction électrique avec trôlet aérien sur la ligne Bastille-Charenton. Cette installation, faite par la Compagnie Thomson Houston, a été mise en service cette semaine.

Toutes les précautions ont été prises pour donner à l'ensemble de l'installation une forme décorative; les supports, placés suivant l'axe des chaussées, sont élégants et doivent recevoir deux lampes à arc ; à la traversée de la place Daumesnil et au parcours de la rue de Lyon et de la place de la Bastille, le conducteur aérien est supprimé et le courant est amené par un conducteur en caniveau.

Une autre particularité de l'installation est l'emploi de voitures légères sans impériale, analogues aux voitures des réseaux de tramways de Rouen, le Havre, le Raincy, etc.; ces voitures se succéderont rapidement, au grand avantage du public.

Ajoutons qu'outre ces innovations la Compagnie applique, pour la première fois à Paris, le tarif réduit de 20 et 10 centimes.

Dans un prochain numéro nous donnerons une description complète de cette installation.

Exposition internationale d'automobiles à Berlin. — La *Zeitung des Vereins* annonce, pour le mois de mai 1899, l'ouverture, à Berlin, d'une exposition internationale de véhicules automobiles. Cette exposition est organisée par l'Union des automobiles de l'Europe centrale.

Seront admis : les automobiles de toutes sortes, motocycles et voiturettes, les moteurs et accumulateurs pour automobiles, ainsi que les divers accessoires et tous les ouvrages se rapportant à la question de l'automobilisme. En outre, pendant la durée de l'exposition, des cours seront organisés.

Conducteurs en aluminium. — Récemment nous signalions l'emploi de l'aluminium pour la confection des conducteurs pour deux importants transports d'énergie des États-Unis : la transmission de l'usine de la Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing C° aux usines de la National Electrolytic C° et la transmission à longue distance de Snoqualmie Falls à Seattle et Tacoma, état de Washington (voir le *Supplément* du 17 septembre, t. XVI, p. XCIV).

Voici, d'après *Electrical Engineer*, de New-York, quelques renseignements complémentaires sur cette dernière installation : l'aluminium employé sera à 99,30 p. 100 de pureté, ne renfermera pas plus de 0,25 p. 100 de fer et 0,30 de silicium et sera allié à 1,5 p. 100 de cuivre pur de la région des Lacs (ce qui abaissera le titre de l'alliage à environ

98,5 p. 100 d'aluminium, comme nous le disions); il faudra environ 70 tonnes d'aluminium. Deux circuits composés chacun de trois fils de 7 mm de diamètre (n° 2 de la B et S gauge) iront à Seattle où sera transmise une puissance de 4 000 kilowatts; deux circuits composés chacun de trois fils de 6,4 mm de diamètre (n° 3 de la B et S gauge) iront à Tacoma, où sera transmise une puissance de 2 000 kilowatts.

Applications mécaniques de l'électricité au port de Heyst (Belgique). — Deux machines Willans de 250 chevaux, alimentées par quatre chaudières de Naeyer, et directement accouplées à deux dynamos de 330 ampères sous 440 volts, fournissent l'énergie à divers moteurs électriques répartis sur les chantiers et dans les ateliers. Un groupe électrogène de 100 chevaux est, en outre, en voie d'installation.

Quatre machines à briques actionnées par des moteurs électriques produisent en moyenne 160 000 briques par jour. Dans l'atelier de montage et de réparations, les diverses machines-outils : marteau-pilon, tours, raboteuses, limeuses, perceuses, cisailles, scies à métaux, sont actionnées de la même façon. A la scierie se trouvent une scie alternative, une scie à ruban et une scie circulaire; à l'atelier de chaudronnerie, trois poinçonneuses, trois perceuses, une riveuse, une machine à percer et les soufflets de forge sont commandés au moyen de moteurs électriques.

Les applications faites au chantier de fabrication des blocs de béton de 50 tonnes sont particulièrement intéressantes. Quand les caissons en fer sont montés, on en bétonne le fond en y versant le béton qu'apportent des wagonnets circulant sur un pont roulant électrique amené au-dessus des caissons. Un autre pont roulant portant deux grues électriques d'une portée de 15 m et pouvant soulever 5 tonnes permet ensuite de mettre en place dans les caissons les moules destinés à ménager les creux dans le bétonnage. Un transbordeur électrique met les blocs terminés sur un truc qui les transporte à l'endroit qu'ils doivent occuper; une grue titan les met en place.

Chemin de fer international Martigny-Aoste. — L'ingénieur Pietro Cedale, d'Aoste, a présenté au ministre des travaux publics un projet relatif au troisième tronçon du chemin de fer électrique Aoste-Martigny, entre Courmayeur et la frontière suisse.

Cette ligne, dont l'entreprise est aux mains d'une société anglaise, aura 50 kilomètres sur le versant italien. Les travaux préparatoires ont été faits sur le terrain pendant le printemps et l'été derniers.

La traction électrique sur les canaux aux Etats-Unis. — Un inventeur américain vient d'être autorisé à faire des essais de traction électrique sur le canal Miami et Ohi, long de 450 km environ; s'il réussit un monopole lui est accordé pour l'exploitation de son système pendant vingt-cinq années sur toute la longueur du canal.

La traction s'effectuera au moyen d'un tracteur à trôlet se mouvant sur une voie établie sur le chemin de halage avec une vitesse de 11 km à l'heure.

Les frais annuels d'exploitation de la portion du canal comprise entre Dayton et Cincinnati sont évalués à 495 000 francs; les recettes sont estimées à 990 000 francs; il resterait donc 495 000 francs pour rémunérer le capital de l'établissement évalué à 4 250 000 francs.

La téléphonie interurbaine en Italie. — Les lignes interurbaines suivantes sont en exploitation :

Milan-Monza	19 km
» Legnago	29 »
» Côme	51 »
» Lecco	51 »
» Novare	52 »
Turin-Pignerol	38 »
Venise-Trévise	30 »

Les six premières lignes sont exploitées par la Société téléphonique de la Haute Italie, la dernière par la Société coopérative de Trévise. Sauf la pre-

mière, ces lignes sont à fil simple avec retour par la terre ; la correspondance s'effectue suffisamment bien, mais on observe les troubles par induction des autres lignes télégraphiques, téléphoniques ou de tramways électriques.

L'Administration des télégraphes a fait récemment établir les deux lignes :

Milan-Bergame.	54 km
Turin-Novare.	100 km

à circuit entièrement métallique, avec fil de bronze de 3 mm en disposant les croisements nécessaires dans les parties où la ligne court parallèlement aux fils télégraphiques ou avec même support.

Les essais de correspondance ont parfaitement réussi et tout fait espérer que ces deux lignes seront bientôt ouvertes au service public. La correspondance pourra s'effectuer soit directement dans les cabines terminales placées dans les bureaux télégraphiques, soit au domicile des abonnés des quatre réseaux urbains au moyen d'un office téléphonique central. Dans ce but des négociations sont ouvertes entre les sociétés exploitant les réseaux urbains et les lignes interurbaines. Au moyen de quelques croisements appropriés, le service pourra s'étendre même entre les autres cités, non reliées directement.

L'unité de temps est fixé à la durée de conversation de 3 minutes et le droit est de 0,50 fr pour la ligne Milan-Bergame, et de 1 fr pour la ligne Milan-Turin, analogue à celui perçu sur les lignes en exercice. T.

Nouveaux tarifs douaniers pour la Tunisie, la Norvège, la Serbie, la Belgique, la République de Saint-Domingue et l'Uruguay. — Tunisie. — Câbles en fil de fer ou d'acier : en fil de 5/10 mm diamètre et plus, 11 fr p. 100 kgr net ; en fil de moins de 5/10 mm diamètre, 21 fr. p. 100 kgr net. — Compteurs d'électricité, 1 p. 100 de la valeur. — Lampes à arc, soi-disant régulateurs, 60 fr p. 100 kgr net. — Accumulateurs électriques 16.50 fr. p. 100 kgr net. — Charbon pour l'éclairage électrique, 8 p. 100 de la valeur. — Machines dynamo-électriques : pesant 5 000 kgr et plus et contenant au moins 50 p. 100 de fonte, 12 fr p. 100 kgr net ; pesant 5 000 kgr et plus et contenant moins de 50 p. 100 de fonte, 20 fr p. 100 kgr net ; pesant de 2 000 incl. à 5 000 kgr excl. et contenant au moins 50 p. 100 de fonte, 18 fr p. 100 kgr net ; pesant 2 000 incl. à 5 000 kgr excl. et contenant moins de 50 p. 100 de fonte, 20 fr p. 100 kgr net ; pesant 1 000 incl. à 2 000 kgr excl., 20 fr p. 100 kgr net ; pesant 50 incl. à 1 000 kgr excl., 30 fr p. 100 kgr net; pesant 10 incl. à 50 kgr excl., 80 fr p. 100 kgr net. — Appareils électriques 10 fr p. 100 kgr net. — Inducteurs de machines dynamo-électriques et leurs parties, telles que bobines, en métal, entourés de cuivre isolé ; pièces façonnées en cuivre pour appareils électriques pesant moins de 1 kgr, numérotées et marquées, composées ou décomposées, la pièce pesant plus de 200 kgr, 35 fr p. 100 kgr net; 1 000 excl. à 2 000 incl., 40 fr p. 100 kgr net ; 200 excl. à 1 000 kgr incl., 45 fr p. 100 kgr net ; moins de 1 kgr, 75 fr p. 100 kgr net.

Norvège. — Moteurs électriques et dynamos, s'ils ne sont pas faits avec du fer laminé de 3 mm d'épaisseur et plus, ainsi que leurs parties, 5 p. 100 de la valeur. — Transformateurs et accumulateurs, ainsi que leurs parties, francs de droits.— Câbles et fils, francs de droits. — Appareils de téléphonie et de télégraphie : tables centrales et multiples, 0,35 couronne (La couronne vaut 1 fr. 389) p. kgr ; d'autres,

0,70 couronne p. kgr. — Les autres appareils électriques payent les taxes des matières travaillées — Isolateurs et vases en argile pour les piles galvaniques et les accumulateurs, francs de droits.

Serbie. — Câbles en fil de cuivre en connexion avec des matières ordinaires, 22 fr p. 100 kgr. — Fil en fer ou acier, avec guipage ou couverture de caoutchouc, etc., comme les câbles, 12.50 fr. p. 100 kgr. — Fil de cuivre avec guipage ou couverture de caoutchouc, etc., comme des câbles, 35 fr p. 100 kgr. — Le fil nommé couvert de soie ou de demi-soie, 200 fr. p. 100 kgr. — Colonnes en fonte, avec teinte, pour les conducteurs d'électricité, 6,50 fr p. 100 kgr.

Belgique. — Tubes en papier imprégné et durci servant à l'isolement et à la protection des conducteurs employés aux installations d'éclairage électrique payent la taxe des « Machines, outils mécaniques, etc., en cuivre ou toute autre matière », soit 12 fr p. 100 kgr, ou, selon le choix de l'importateur, celle des « merceries et quincailleries », soit 15 p. 100 de leur valeur.

République de Saint-Domingue.— Tous les droits d'entrée sont frappés d'une surtaxe de 10 p. 100.

Ile de Fidji. — Machines électriques, libres de taxes. Tous les autres articles de la branche, 12 1/2 p. 100 de leur valeur.

Uruguay. — Le gouvernement de l'Uruguay a décidé le rétablissement à partir du 1er août 1898 du droit additionnel de 2 1/2 p. 100 sur les articles d'importation étrangère.

Vente des machines électriques, appareils et matériel pour télégraphe et téléphone en Australie. — M. Biard, consul général de France, dans un rapport récent, signale que, d'après les statistiques officielles de l'année dernière, les articles concernant les machines électriques, appareils et matériel pour télégraphe et téléphone ont donné lieu dans cette colonie à une augmentation de 2 175 000 fr.

Les importations proviennent principalement de l'Angleterre, de l'Allemagne, des Etats-Unis et de la Belgique ; la France n'a importé qu'un seul colis de faible valeur. On doit cependant admettre que parmi les importations dites d'Angleterre, d'Allemagne et de Belgique il y a des produits français qui, arrivés viâ Londres, Anvers et Hambourg, ont été catalogués comme anglais, allemands et belges.

Toutes les applications d'électricité sont en usage en Australie depuis nombre d'années. Les industriels français n'ont qu'une faible part dans la fourniture du matériel électrique faite à cette colonie. M. Biard n'hésite pas à conclure que la pénétration des produits industriels français relatifs à l'utilisation de l'électricité dans toutes ses applications générales

est possible sur le marché australien ; mais, à la condition d'une étude préalable faite avec suite et méthode en vue d'obtenir un courant d'affaires régulier et relativement considérable.

Les personnes désirant des renseignements sur cette question pourront s'adresser au Président de la Chambre syndicale des industries électriques.

L'extension de l'industrie électrique allemande à l'étranger. — Dans son remarquable discours au banquet annuel du 22 mars dernier du Syndicat professionnel des industries électriques, M. F. Meyer, président sortant du Syndicat faisait ressortir l'état florissant de l'industrie électrique en Allemagne et l'attribuait tant au concours de la haute banque qu'à l'appui donné par le gouvernement allemand aux agents commerciaux résidant à l'étranger (voir *Supplément* du 26 mars 1898, p. LXXXIX). Les renseignements suivants, puisés dans le rapport, pour l'exercice 1897-98, aux actionnaires de la Bank für Elektrische Unternehmungen, de Zurich, rapport publié dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 15 septembre, viennent confirmer cette opinion.

Cette banque dont le capital, s'élevant à 21 670 000 fr, est presque entièrement de provenance allemande, a pour objet de créer dans les pays étrangers des sociétés filiales d'entreprises électriques employant le matériel de maisons allemandes et celui de maisons suisses, principalement des premières, créant ainsi un débouché important à ces maisons. Onze sociétés de ce genre ont déjà été créées en Italie, en Espagne, au Chili et à Buenos-Ayres, et bien que les entreprises dans lesquelles la Banque s'est intéressée pendant l'exercice auquel se rapporte le rapport n'aient donné aucun bénéfice, le bénéfice de cet exercice a néanmoins été de 1 060 000 fr, en augmentation de 300 000 fr sur ceux de l'exercice précédent, et ont permis, ajoutés au reliquat de ce dernier exercice, de distribuer aux actionnaires un dividende de 5 p. 100.

Les onze sociétés dans lesquelles la Banque a des capitaux engagés sont les suivantes :

1° Officine Elettriche Genovesi in Genua. Capitaux engagés : 6 800 000 fr. Cette société a pour objet la distribution de l'énergie électrique pour l'alimentation de 40 000 lampes à incandescence et l'alimentation du réseau de tramways de Gênes. L'usine génératrice a été terminée en 1897.

2° Societa Genovese di Elettricita in Genua. Capitaux engagés : 671 000 fr. Cette société a cédé à la précédente sa concession dans Gênes et restreint son action à Sampierdarena. En 1897, elle a distribué 5 p. 100.

3° Ferovia Elettriche e Funiculari in Genua. Capitaux engagés : 6 371 000 fr. Cette société a la concession de 24 km de lignes de tramways ; 19,7 km sont actuellement en exploitation. Elle a payé 5 p. 100 de dividende.

4° Societa dei Tramways Orientali in Genua. Capitaux engagés : 2 419 000 fr. Sur 25 km concédés, 12,3 km sont actuellement en exploitation. Les recettes sont satisfaisantes.

5° Unione Italiana Tramways Elettriche in Genua. Capitaux engagés : 6 110 000 fr. Le réseau concédé à cette société a été exploité par chevaux jusqu'à ces derniers temps ; on en exploite quelques parties par l'électricité.

6° Sevilla Tramways Company, Limited, London. Capitaux engagés : 1 630 000 fr. Cette société a distribué 5 p. 100 de dividendes en 1897 bien que l'exploitation se fit par chevaux ; la traction électrique est aujourd'hui installée.

7° Compania Sevillana de Electricidad in Sevilla. Capitaux engagés : 1 630 000 fr. N'a pas distribué de dividendes en 1897, les bénéfices ayant été consacrés à l'amortissement.

8° Compania Barcelonese de Electricidad in Barcelona. Capitaux engagés : 4 513 000 fr. A seulement commencé à distribuer de l'énergie électrique en 1898. Actuellement son matériel est sur le point d'être doublé par suite de l'extension du réseau de distribution.

9° Compania Vizcaina de Electricidad in Bilbao. Capitaux engagés : 1 784 000 fr. A donné 3 p. 100 de dividende la première année d'exploitation.

10° Deutsch Uberseeische Elektricitæts Gesellschaft, Berlin. Cette compagnie exploite les concessions d'éclairage de Buenos-Ayres. A donné 3,3 p. 100 de dividende.

11. Elektrische Unternehmungen in Santiago in Chili. A donné un dividende de 2 p. 100.

On conviendra qu'il est vraiment regrettable que ce soit l'industrie allemande qui s'implante dans les pays de race latine où jusqu'ici l'industrie française trouvait un large débouché.

Traction électrique. — **Cransac (Aveyron).** — On nous apprend qu'une Compagnie a l'intention d'installer un tramway électrique entre Cransac et Decazeville, qui desservirait le Gua et Aubin.

On procède en ce moment aux premières études afin de soumettre le projet à l'approbation des autorités compétentes.

Cette entreprise serait absolument privée et ne demanderait aucune subvention.

— **Limoges.** — Voici les offres que M. Grammont a faites à la Ville :

1° La nouvelle ligne à créer aurait ses points terminus à la route d'Ambazac (à l'intersection du chemin de la Bregère) d'une part, et de l'autre au faubourg d'Angoulême à sa jonction avec le

chemin d'Antony ; elle suivrait le parcours ci-après :

Route d'Ambazac, place Maison-Dieu, cours Gay-Lussac, cours Vergniaud, avenue de Juillet, rue du Général-Cérez, rue Turgot, champ de foire (côté bas), avenue Saint-Surin, rue Croix-Buchilien, chemin d'Antony jusqu'au faubourg d'Angoulême (3 200 m).

2° Une autre ligne, qui serait la ligne IV modifiée (gare Bénédictins-Montjovis), partirait du faubourg des Casseaux, suivrait l'avenue des Bénédictins, place Jourdan, le parcours de la ligne IV et serait prolongée jusqu'à l'avenue de Poitiers (2 750 m entre le faubourg Montjovis et le chemin des Coutures).

Le conseil aura à se prononcer en outre sur certaines demandes présentées par M. Grammont concernant le pavage qu'il considère comme inutile dans le prolongement du faubourg Montjovis à l'avenue de Poitiers ; du point terminus des Casseaux à la caserne des Bénédictins ; du boulevard Victor-Hugo au point terminus faubourg d'Angoulême.

— **Longwy (Meurthe-et-Moselle)**. — Nous apprenons que la Société qui doit bénéficier de la subvention de 100 000 fr de la ville de Longwy pour la création des tramways locaux est définitivement constituée.

Le mode de traction reste encore à arrêter ; mais déjà les partisans de la vapeur sont en petit nombre. Aussi, il y a tout lieu d'espérer que, dans un centre industriel aussi important que le pays de Longwy, *c'est l'électricité qui l'emportera ;* d'autant plus que l'on prévoit dans un avenir rapproché la substitution de l'éclairage électrique de la ville à l'éclairage au gaz, sans préjudice du projet d'élévation d'eau à la ville haute.

— **Tolède (Espagne)**. — On vient de projeter la création d'une importante ligne de tramways à traction électrique.

La ligne proposée partirait de Zocodover, traverserait le Miradero, Puerta de Bisagra, Hospital de Afuera, Carretera de Torrijos, Venta de la Esquina, fabrica de Armas, Cristo de la Vega, Puerta de Bisagra, Côte del Miradero et Zocodover.

— **Vals-les-Bains**. — La ligne de tramway électrique de Vals-les-Bains à Aubenas a une longueur totale de 9 km, de l'hôtel de la Poste à Vals à la gare d'Aubenas P.-L.-M., et y compris la voie de pénétration dans la gare de Vals-Labégude.

Elle est sectionnée de la manière suivante :

Route départementale n° 1, sur	380 m
Pont Saint-Jean et chemin I. C. n° 43, sur	610 »
Chemin vicinal ordinaire n° 36, sur. . .	270 »
Route départementale n° 1, sur	735 »
Route nationale n° 102, sur	4 656 »
Route nationale n° 104, sur	100 »
Id. (Champ-de-Mars à avenue de la Gare	1 170 »
Avenue de la Gare d'Aubenas, sur . .	330 »
Déviation par les eaux minérales, sur.	440 »
Pénétration dans la gare de Vals, sur .	255 »
	8 946 m

La voie est simple à écartement d'un mètre, le terrain est assez accidenté et présente des rampes sur presque tout le parcours.

La rampe maxima est de 55 millimètres par mètre.

Traction électrique. Conducteur aérien.

Voitures automotrices type d'Angers, 32 places, munies chacune de deux électromoteurs de 18-20 chevaux.

Au point de vue de l'exploitation, on peut considérer les trois tronçons suivants qui correspondront chacun à un tarif spécial :

Distance de Vals-Ville à Vals-Gare. .	2 300 m
— de Vals à Aubenas	6 800 »
— d'Aubenas-Ville à Aubenas-Gare	1 500 »

Cette ligne paraît d'une bonne exploitation et les administrateurs espèrent que les recettes du premier exercice dépasseront 100 000 francs.

— **Villefranche**. — La *Société électrique d'éclairage de Bordeaux et du Midi*, concessionnaire des lignes des tramways départementaux, se propose de créer, en attendant la mise à exécution de la ligne d'Olette à Bourg-Madame, un service provisoire d'omnibus automobiles électriques à trôlet.

M. Tricoche, directeur de la Société, a eu à ce sujet des entrevues avec MM. les ingénieurs des

ponts et chaussées et M. le Préfet, et a déposé une demande officielle d'autorisation.

Les voitures adoptées seraient actionnées à l'aide d'un trôlet placé le long de la route nationale, lequel serait alimenté par une usine hydro-électrique établie entre Fontpédrouse et Montlouis.

Éclairage Électrique. — **Fuenmayor (Espagne).** — Une station génératrice située à quelque distance sur l'Ebre, vient d'être mise en exploitation. Elle comprend une turbine de la maison Singrun frères, de 130 chevaux et une dynamo Siemens et Halske, de 85 kilowatts.

— **Jouy-en-Josas.** — Le Conseil municipal s'est réuni dernièrement en session extraordinaire et la question de l'éclairage a été enfin définitivement réglée.

L'établissement d'une usine électrique et transport de force a été accepté à l'unanimité et le traité signé.

La Compagnie a l'intention de commencer très prochainement les travaux de construction de son usine.

— **Largentière.** — L'usine électrique de la Boucharade, qui doit fournir la lumière à Largentière, est aujourd'hui terminée. On commence la pose des fils dans la ville.

— **Leiza (Espagne).** — Le mois dernier, a été inaugurée la nouvelle usine d'électricité appelée « San José », appartenant à M. D. Martin Antonio Huarte. Cette usine renferme une turbine de 20 chevaux, construite dans les ateliers de Beasain « Maquinista Guipuzcoana ».

— **Luchon.** — Luchon est encore éclairée par le gaz alors que de petites stations comme Argos possèdent l'électricité depuis longtemps.

Toutes les tentatives faites par le maire et par le conseil municipal étant demeurées sans résultat, un groupe de propriétaires se propose de reprendre l'affaire en utilisant l'usine de Notre-Dame des Rochers. Espérons que l'administration s'efforcera de faire aboutir ce projet dont la réalisation aurait d'heureuses conséquences pour tous.

— **Montmirail (Marne).** — Nous apprenons que cette petite ville sera prochainement éclairée à l'électricité.

Dans sa réunion du 11 mai 1897, le conseil municipal avait accepté en principe, au nom de la ville de Montmirail, la donation qu'offrait de lui faire le maire, de l'usine dite du Moulin à tan, située sur la rivière du Petit Morin, sous certaines conditions imposées par le donateur à l'effet d'obtenir la force motrice nécessaire à la production de la lumière électrique. Il fut décidé que l'éclairage de la ville

serait assuré par 80 lampes électriques, avec droit de concéder à des particuliers l'excédent de l'énergie électrique obtenue.

Il avait chargé M. Clouet, architecte de la ville, de dresser le devis des travaux à exécuter pour l'aménagement de ladite usine.

Dans sa séance du 14 août suivant, le conseil municipal a décidé d'accepter cette donation, qui a été transmise au préfet de la Marne, lequel, dans son arrêté du 8 juillet dernier a autorisé Montmirail à accepter la donation faite à son profit par M. Labbé. Une turbine installée sur la rivière du Petit Morin à l'usine du Moulin à Tan, fournira la force motrice suffisante pour actionner les dynamos.

— **Montpellier**. — La ville de Montpellier vient de passer avec la Compagnie du gaz et la Société d'éclairage électrique de nouveaux traités. Liée jusqu'au 31 décembre 1916 avec le gaz, jusqu'au 25 février 1908 avec l'électricité, la ville devait conserver jusqu'à l'expiration des traités les prix assez élevés consentis antérieurement.

La Compagnie du gaz et celle d'électricité firent des propositions en vue de modifications à apporter aux traités. Ces propositions, discutées, complétées, ont abouti aux conventions suivantes.

En grandes lignes, le profit qu'en retirent les parties est celui-ci : la Ville, aujourd'hui à fin 1916, réalise une économie de 4 150 000 fr, soit une économie moyenne annuelle de 225 000 fr. Elle conserve, en outre, son entière liberté d'action à partir de cette date et demeure libre, pour elle-même comme pour les particuliers, de demander son éclairage a tel concurrent lui offrant les conditions les meilleures. Quant aux Compagnies du gaz et d'énergie électrique réunies, elles trouvent dans la combinaison un avantage réel qui explique et justifie les propositions faites et l'arrangement consenti.

Au prix d'un sacrifice sur leurs revenus jusqu'en 1908 et 1916, elles échappent à la dépossession brutale à laquelle elles étaient soumises à la fin des traités en cours, et conservent, avec le droit de maintenir et de développer leur installation et leur outillage existants, le moyen de lutter dans les meilleures conditions contre toute concurrence et d'obtenir ainsi, auprès de la Ville comme des particuliers, la préférence méritée par les avantages qu'elles pourront leur offrir.

La situation créée, pour 1917, aux contractants présente des avantages importants et réciproques.

On s'explique les propositions prévoyantes des Compagnies et on ne peut être surpris de l'accueil favorable qu'elles ont reçu au conseil municipal.

— **Orense (Espagne)**. — Nous apprenons que l'installation hydro-électrique de Orense, établie pour remplacer les machines à vapeur actuelles, et dont M. Conde Valvis est le concessionnaire, vient d'être terminée. La nouvelle installation consiste en deux unités de 150 chevaux. Chaque unité comprend une turbine à axe horizontal, actionnant par un accouplement élastique, un alternateur donnant du courant alternatif à 2400 volts. Les deux unités travaillent parallèlement et envoient le courant jusqu'à Orense, à une distance de 4 km.

— **Soissons**. — Le 15 octobre dernier, le maire de Soissons informait ses concitoyens qu'en vertu du traité passé entre la Ville et la Société du gaz, il va être prochainement établi un réseau de conducteurs électriques dans les rues ci-après désignées : rue Porte-Crouy, des Graviers, du Plat-d'Etain, place d'Alsace-Lorraine, rues du Champ-Bouillant, du Pont, du Pot-d'Etain, du Collège, Saint-Christophe, place Saint-Christophe, boulevard Jeanne d'Arc jusques et y compris la rue Saint-Rémy, rue de la Congrégation, place de l'Hôtel-de-Ville, rue Saint-Léger, Grand'Place, rues des Cordeliers, de la Buerie, place de la Cathédrale, rues de Panleu, du Commerce, Saint-Martin, place de la République et avenue de la Gare.

Les habitants qui voudraient installer chez eux l'éclairage électrique et pour ce, prendre des abonnements, pourront s'adresser à la Société des usines à gaz, ou, pour renseignements, sur les con-

ditions, à la mairie, où le traité leur sera communiqué.

En dehors des rues désignées ci-dessus, la Société du gaz doit desservir les abonnements d'un an au moins lorsque les demandes lui garantiront 20 lampes de 10 bougies par 100 m de parcours de canalisation.

Société d'Eclairage électrique du Secteur de la place Clichy. — La réunion des actionnaires de la Société d'Eclairage électrique du Secteur de la place Clichy a eu lieu le 27 octobre.

Après avoir entendu la lecture des rapports du conseil et des commissaires, ils ont approuvé, tels qu'ils étaient présentés, les comptes de l'exercice 1897-1898 et ont fixé le dividende y afférent à 25 fr par action, comme pour l'exercice précédent.

Pour l'exercice clos le 30 juin dernier, les produits de l'exploitation, qui étaient de 2 219 975, 35 fr pendant l'année précédente, se sont élevés à 2 685 959, 80 fr; les dépenses d'exploitation ont été de 839 917, 50 fr contre 672 833, 10 fr. Ainsi, le produit net industriel, au lieu de 1 547 142, 35 fr, s'élève à 1 846 042, 30. A ce chiffre, il y a lieu de joindre 80 000 fr. de prime par action nouvelle, ce qui porte à 1 926 042, 30 fr les produits de l'année.

Sur cette somme, les dépenses ordinaires ont absorbé 493 501, 90 fr, les frais d'émission d'actions nouvelles ont été de 32 490, 20 fr, et il est porté, en dépréciation du réseau, 150 000 fr. L'ensemble est ainsi de 675 992, 10 fr et le solde net de 1 250 050, 20 fr.

Sur ce solde, le dividende de 25 fr n'absorbe que 300 000 fr et il reste 950 050, 20 fr qui sont portés en réserves ou amortissements.

La Compagnie des chemins de fer à traction électrique de Pierrefitte, Cauterets et Luz, concessionnaire pour une durée de soixante-quinze ans, depuis le 24 juillet 1895, des lignes :

1° De Pierrefitte (gare du Midi) à Cauterets ;
2° De Cauterets à la Raillère ;
8° De Pierrefitte à Luz-Saint-Sauveur ;

permet, grâce à son réseau, de relier à la Compagnie du Midi, par voie ferrée, les stations thermales de Cauterets et de Luz-Saint-Sauveur.

La ligne de la Raillère est en exploitation ; la ligne de Pierrefitte à Cauterets sera ouverte incessamment. Enfin, la construction de la ligne de Luz sera commencée dès l'approbation du tracé, étudié actuellement.

La Compagnie fait une émission d'obligations pour le règlement des travaux d'achèvement de la ligne de Pierrefitte à Cauterets, la construction et la mise en exploitation de la ligne de Luz et le paiement de son matériel roulant. Elle a obtenu du ministre des travaux publics l'autorisation de créer 5 000 obligations de 500 fr 4 p. 100, amortissables en cinquante ans.

On peut se procurer ces titres aux guichets de la *Société générale* et du *Crédit industriel.*

Compagnie française des câbles télégraphiques. - Les obligataires (câble Australie-Nouvelle-Calédonie) sont informés que le coupon semestriel n° 10 des obligations 4 p. 100 (Australie-Nouvelle-Calédonie), échu depuis le 1er novembre 1898, est mis en paiement à raison de :

9,60 fr pour les obligations nominatives (impôts déduits);

9,107 fr pour les obligations au porteur (impôts déduits).

Les 109 obligations dont les numéros sont sortis au tirage du 15 octobre 1898 sont remboursées à partir du 1er novembre 1898, à raison de 498,75 fr (Impôts déduits).

Les propriétaires d'obligations 5 p. 100, 1re série sont également informés que le coupon semestriel n° 15 échu le 1er novembre est mis en paiement depuis cette date à raison de :

12 fr pour les obligations nominatives (impôts déduits);

11,544 fr pour les obligations au porteur (impôts déduits).

Les 75 obligations dont les numéros sont sortis au tirage du 15 octobre sont remboursables depuis le 1er novembre à raison de 499,50 fr (impôts déduits).

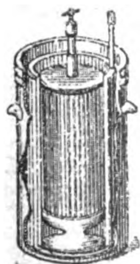
Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. – Le Conseil d'administration informe MM. les actionnaires que l'assemblée générale extraordinaire du 22 octobre 1898 a voté l'augmentation du capital social de 25 millions à 40 millions, par l'émission de 30 000 actions nouvelles, au prix de 1 000 fr, dont 500 francs représentant le capital nominal et le surplus une prime de 500 francs par titre.

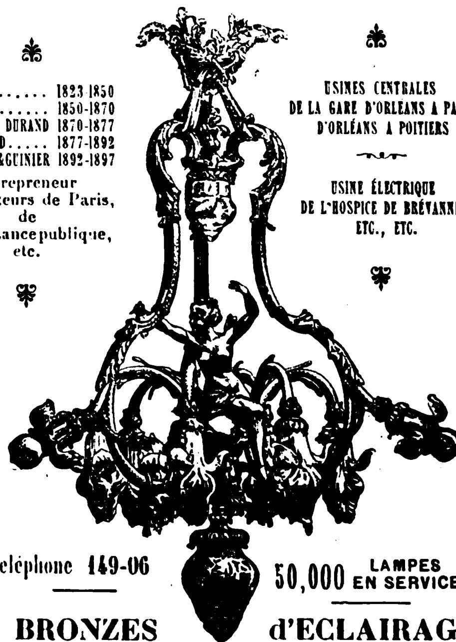
Le montant de chaque action est payable comme suit :

625 fr en souscrivant, versement comprenant
125 fr, le quart du capital nominal;
500 fr, la totalité de la prime,
et le surplus du capital nominal (soit 375 francs), à la date ou aux dates qui seront fixées par le Conseil d'administration.

Les actionnaires seuls ont un droit de préférence à la souscription, à raison de 3 actions nouvelles pour 5 actions anciennes.

Par suite, les actionnaires possesseurs de moins de 5 actions ne pourront participer à la souscription qu'à la charge, par eux, de s'entendre avec d'autres actionnaires se trouvant dans la même situation; il en sera de même des actionnaires possesseurs d'un nombre d'actions non multiple de cinq, en ce qui concerne l'excédent de ces multiples, mais sans qu'il puisse jamais résulter de ce fait une souscription indivise.







Pour faciliter l'application de cette mesure aux actionnaires possesseurs d'un nombre d'actions inférieur à cinq, ou non multiple de cinq, il leur sera délivré un ou plusieurs bons représentant le droit de souscription sur la partie indivise.

Société Générale française de Cycles et Automobiles. -- Sous ce titre, il a été constitué définitivement, le 20 août 1898, entre MM. Charmet, Paillès, Pernoo, Lefebvre, Brandt, Ruger, une Société ayant pour objet :

1° L'exploitation du monopole pour la France, l'Espagne et les Colonies françaises de la vente et la fabrication des cycles Rudge ;

2° L'exploitation du monopole pour la France les Colonies françaises et les pays de protectorat français de la vente des cycles Rambler ;

3° L'exploitation de la marque Fulmen pour bicyclettes ;

L'exploitation de la maison Lefebvre, à Cambrai, de ses brevets, notamment celui du pédalier Mono et de tout ce qui concerne son affaire.

L'exploitation du monopole pour la France, les Colonies et les pays de protectorat français, de la vente et la fabrication des cycles marque Withworth.

4° La fabrication, l'achat et la location tant en France qu'à l'étranger, de vélocipèdes, cycles, pièces ou accessoires quelconques se rapportant à la vélocipédie ou à toute autre industrie mécanique ;

5° L'exploitation de tous brevets, licences et procédés relatifs à cette fabrication ;

6° Tout ce qui a trait aux automobiles, comme fabrication, ventes, achats ou locations ;

7° L'acquisition ou la prise en location ou sous-location d'usines, machines, outillages, marchandises, marques de fabrique, maisons de commerce se rattachant aux industries ci-dessus nommées ;

8° D'une manière générale toutes les opérations mobilières et immobilières, industrielles, financières et commerciales se rattachant par un côté quelconque à l'objet de la présente Société ;

9° La Société pourra toujours vendre ou louer les usines, établissements, agences, brevets, licences, ou les apporter à d'autres Sociétés.

La durée de la Société est fixée à trente années à partir du jour de sa constitution définitive. Cette durée pourra être restreinte ou prolongée par délibération de l'Assemblée générale.

Le fonds social est fixé à 1 325 000 fr, représenté par 13 250 actions de 100 fr chacune ;

Sur les actions :

6 800 actions entièrement libérées seront remises à M. Lucien Charmet,

1 200 actions entièrement libérées seront remises à M. Paillès,

500 actions entièrement libérées seront remises à M. Pernoo,

2 250 actions à M. Lefebvre,

750 actions remises à M. Brandt,

150 actions à M. Ruger, en représentation de leurs apports ; elles ne pourront être détachées de la souche et ne seront négociables que deux ans après la constitution définitive de la Société.

Le surplus, soit 1 600 actions, est à souscrire et payable en numéraire, savoir : 25 fr lors de la souscription, le surplus suivant décision du Conseil d'administration.

Les produits nets de chaque année, déduction faite de toutes les charges, constituent les bénéfices. Sur ces bénéfices, il sera prélevé d'abord :

5 p. 100 pour la réserve légale, puis 5 p. 100 d'intérêt au capital versé.

Le solde restant se répartira ainsi :

1° 5 p. 100 au Conseil d'administration ;

2° 10 p. 100 à titre de réserve supplémentaire pour amortissement du matériel et de l'outillage ;

3° 5 p. 100 pour un fonds de prévoyance ;

4° 80 p. 100 pour les actionnaires à titre de dividende ;

Les premiers administrateurs nommés statutairement pour trois années sont : MM. Lucien Charmet, Paillès, Louis Lefebvre.

NOUVELLES

Concours pour un coffret avec prise de courant universelle pour les automobiles électriques. — Ainsi que nous l'annoncions récemment, le syndicat professionnel des industries électriques, l'Association Amicale des Ingénieurs Electriciens, l'Automobile-Club, le Syndicat des Usines d'Electricité, ont constitué une commission dont le but est de déterminer les conditions dans lesquelles les automobiles électriques pourront se ravitailler en énergie électrique.

La commission a décidé de mettre au concours un coffre avec prise de courant universelle. Un prix de 400 fr sera décerné à l'auteur de l'appareil qui aura été reconnu par la commission comme répondant le plus exactement aux conditions du programme énoncé ci-après.

Chaque concurrent présentera un appareil accompagné d'une note descriptive qui devront être adressés au président du Syndicat professionnel des Industries électriques, hôtel des Ingénieurs civils, 19, rue Blanche, à Paris, avant le 1er mars 1899.

Les appareils resteront la propriété des inventeurs, mais la Commission se réserve la faculté d'en publier la description et de les exposer.

L'appareil spécimen et la note descriptive ne porteront pas le nom de l'inventeur; ils seront simplement marqués d'un signe distinctif reproduit dans un pli cacheté, annexé à la note descriptive et contenant les nom, prénoms, qualités et adresse de l'auteur.

Spécifications. — Le coffret proprement dit devra être construit de manière à pouvoir être placé à l'extérieur et disposé de façon que les organes intérieurs, soient à l'abri de toute détérioration ou dérivation.

Il devra contenir :

1° Un voltmètre avec commutateur double permettant de vérifier les polarités et les tensions de la source d'énergie et de la batterie à charger.

2° Un compteur de quantité ou d'énergie.

3° Un rhéostat avec interrupteur bi-polaire.

4° Une prise du courant universelle avec câble à deux conducteurs. (Chaque conducteur sera terminé à ses deux extrémités par le même raccord et les deux conducteurs seront munis de raccords différents.)

5° L'ensemble des appareils électriques du coffret devra pouvoir supporter un courant de 70 à 80 ampères sous 120 volts.

6° L'ensemble du coffret aura un encombrement aussi restreint que possible et possédera un isolement parfait.

7° Chaque projet devra contenir :

1° Le prix de l'appareil complet.

2° Le prix des raccords.

La commission laisse la faculté aux concurrents d'ajouter à la construction du coffret, telle disposition qu'il leur plairait, sous réserve de rester dans l'esprit du programme.

Exposition universelle de 1900 (*Classe 24 : Électrochimie*). — Le comité de la classe 24 adresse la circulaire suivante aux industriels qui désireraient exposer dans cette classe :

Aux termes du règlement général, le dernier délai pour la réception des demandes d'admission est fixé au 1er février 1899, mais nous vous prions de ne pas oublier que c'est la première fois que, dans une Exposition universelle, l'électrochimie forme une classe spéciale. Nous avons donc besoin d'être renseignés au plus tôt, tant sur la place que vous désirez, que sur la force électrique dont vous pouvez avoir besoin.

Nous vous rappellerons que cette exposition doit être vivante et animée et qu'il est très important de montrer des machines en mouvement et, autant qu'il est possible (sans nuire à vos intérêts), des procédés en marche.

De plus, vous savez que, dans cette branche, l'industrie française a pris un grand développement; elle occupe sur ce point une place prépondérante et le moment nous semble opportun de grouper les découvertes si fécondes et si pleines d'avenir que notre pays a pu poursuivre dans cette voie. Nous sommes bien convaincus que cette nouvelle classe sera très visitée

Il est donc urgent que votre Comité d'admission puisse connaître dans le plus bref délai quel est le nombre total des exposants et l'espace exact que chacun demande afin d'obtenir une place suffisante dans le Palais de l'électricité.

Nous vous prions donc, après avoir signé votre demande, de l'envoyer sans retard à M. le Commissaire général (direction générale de l'Exploitation, section française) quai d'Orsay, 97, à Paris, si vous habitez le département de la Seine, ou sinon au Président de votre Comité départemental (à la préfecture).

La classe de l'électro-chimie devra, d'après le règlement général, comprendre trois sections :

1° Exposition des produits contemporains ;

2° Exposition du matériel spécial de production et des procédés de travail ;

3° Exposition rétrospective.

Cette dernière section sera organisée par le groupe V en entier, qui pourra ainsi, dans une leçon de choses grandiose, montrer quelle a été l'influence de la France dans cette étude séculaire de l'électricité. Il y aura juste un siècle en effet, en 1900, que la pile électrique aura été découverte par Volta, et notre exposition d'électrochimie devra établir

d'une façon éclatante quel chemin, au point de vue théorique et pratique, a été parcouru depuis cette époque.

Nous vous adresserons sous peu, pour l'exposition rétrospective, une demande spéciale d'admission.

Nous tenons à vous faire remarquer que le dépôt de la demande d'admission que vous pourrez faire ne constitue nullement un engagement de votre part. La demande d'admission ne devient, pour le signataire, un engagement définitif que le jour où, son admission ayant été prononcée, un accord sera intervenu entre lui et le Comité d'installation au sujet de la répartition des espaces et du paiement des dépenses.

L'envoi de la présente circulaire ne saurait toutefois préjuger, en aucune façon, la décision qui sera prise par le Comité au sujet de l'admission.

Nous sommes entièrement à votre disposition pour vous fournir tous les renseignements dont vous pourriez avoir besoin.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de notre considération très distinguée.

Le Vice-Président, D. MONNIER. *Le Président*, Henri MOISSAN.

Le Rapporteur, Henri GALL. *Le Secrétaire*, André BOUILHET.

Rappelons que, d'après la classification générale, la classe 24 comprend les industries se rattachant aux sujets suivants :

Applications à la chimie industrielle : blanchiment, désinfection des eaux d'égout ; traitement des jus sucrés ; fabrication de la soude, du chlore, des hypochlorites, de l'eau oxygénée, de l'ozone, des chlorates alcalins, des persulfates, des produits organiques, etc.

Fabrication des carbures métalliques et des métaux par réduction au four électrique. Carbure de calcium.

Piles et accumulateurs.

Matériel et procédés généraux de la galvanoplastie. Dépôts métalliques au moyen de l'électricité. Dorure, argenture, cuivrage et nickelage. Outillage de la galvanoplastie.

Production et affinage des métaux et alliages. Aluminium, cuivre, nickel, métaux alcalins et leurs alliages, etc.

18 kilomètres de voie à caniveau construits en quatre-vingt-quinze jours. — La Metropolitan Street Railway Company de New-York, qui a décidé de remplacer sur son réseau la traction animale par la traction électrique avec caniveau souterrain du système de la General Electric Company, vient d'accomplir un véritable tour de force : en quatre-vingt-quinze jours elle est parvenue à construire une longueur de près de 18 km de caniveau, sur la 6e et la 8e avenue.

C'est le 20 juillet que les travaux furent commencés sur la 6e avenue. La plus grande partie du matériel était prête, la transformation de la ligne étant résolue depuis plusieurs mois ; toutefois, par suite de retards apportés à l'autorisation d'effectuer cette transformation, une partie du matériel avait été utilisée en d'autres endroits et a dû être construite en même temps qne s'effectuèrent les travaux. Quarante-deux jours après, le 1er septembre, la pose de la voie était terminée sur plus de 15 km, depuis la 4e rue jusqu'à la 59e, et, le 1er octobre, les voitures électriques circulaient sur ce parcours.

Dans la 8e avenue, les travaux ne furent commencés que le 7 septembre ; néanmoins, la traction électrique fut mise en service le 25 octobre, sur une longueur de 3 km environ.

Traction électrique. — Aigle (Suisse). — MM. A. Veillon, fabricant à Bâle, A. Dupraz, avocat à Lausanne, E. de Vallière et fils, ingénieurs à Lausanne, ont demandé au Conseil fédéral une concession pour la construction d'un tramway électrique d'Aigle au Sépey.

Le but de cette ligne est de relier le village du Sépey et indirectement les localités d'Ormont-Dessus, Leysin, L'Etivaz et Château-d'Œx avec Aigle et le réseau du Jura-Simplon. D'après le projet, la ligne part de la place du Marché, à Aigle, cote 420, et utilise jusqu'au pont, sur la Grande-Eau, la route cantonale Aigle-Sépey. De là, elle continue sur son propre corps de voie pendant 2,34 km, pour reprendre ensuite la route cantonale jusqu'au Sépey. La pente maxima est de 69 p. 100 sur la route et de 80 p. 100 sur le corps de voie. Sur la première, le rayon minimum de courbe est de 25 m, sur le second de 50 m. La traction s'opère par l'électricité au moyen de conducteur aérien. Le retour du courant se fait par les rails. L'usine génératrice est installée sur la Grande-Eau.

Les frais sont évalués à 800 000 fr. Le capital est formé par des actions de priorité, des obligations pour 650 000 fr et des subventions sous forme d'actions de second rang pour 150 000 fr. Les dépenses annuelles d'exploitation sont prévues à 58 000 fr ; les recettes, voyageurs et marchandises, à 98 500 fr. En versant 8 000 fr au fonds de renouvellement, il reste encore un excédent de recettes de 32 500 fr permettant la distribution d'un dividende de 4 p. 100 aux actions de priorité et le versement de 6 500 fr à compte nouveau.

Le 10 juillet de cette année, MM. de Vallière et fils ont présenté une nouvelle demande de concession pour la construction d'un chemin de fer électrique du Sépey à Leysin, avec embranchement sur Feydey.

Le projet prévoit une ligne de 5,125 km. Elle a pour but de faciliter les communications entre la station climatérique de Leysin et Aigle. Elle part du Sépey, point terminus de la ligne Aigle-Sépey, puis atteint, par une pente moyenne de 8 p. 100, Feydey, et, au moyen d'un embranchement de 350 m de longueur, le haut du village de Leysin. Le seul ouvrage d'art nécessaire est un pont sur le ruisseau du Sépey. Rayon minimum, 75 m, largeur de la voie, 1 m. La force nécessaire sera fournie par l'entreprise de l'Aigle-Sépey.

Le coût des travaux est évalué à 420 000 fr, couvert : 1° par une prise d'actions de la Société du Sanatorium, 250 000 fr ; 2° par une subvention de l'Etat et des communes, 100 000 fr ; 3° par des obligations, 70 000 fr.

— **Transac.** (Voir *supp.*, t. XVII, p. LVIII.) — Le parcours entre Cransac et la place Decazes à Decazeville sera de 11 k. 500.

La voie, d'un mètre de largeur, sera établie sur un des accotements de la route et formera trottoir; dans les localités qu'elle traversera, les rails seront placés dans l'axe du chemin, au milieu, et seront noyés dans la chaussée sans former saillie : la circulation sera toujours libre.

Il y aura un train montant et un train descendant toutes les heures entre les deux points extrêmes ; d'Aubin à Cransac, il y en aura quatre par heure, ainsi qu'entre Viviez et Decazeville.

Les trains se composeront d'une voiture de 1re classe, d'une ou plusieurs voitures de 2e classe, selon l'affluence des voyageurs. Le prix sera de 0,10 fr pour la 1re classe et 0,05 fr pour la 2e par km.

Il sera fait une réduction de 20 p. 100 pour les aller et retour; des tarifs spéciaux seront établis pour les abonnements à la semaine, au mois ou à l'année.

Un service de messageries et bagages fonctionnera aux prix et usages établis dans les chemins de fer départementaux.

— **Cronstadt (Russie).** — M. E. Faye, concessionnaire des tramways électriques du Mans, de Rennes et d'Angers, vient d'obtenir la concession des tramways électriques à trôlet de Cronstadt.

Le grand port russe sera sillonné par trois lignes de chacune quatre kilomètres. Une quatrième ligne, installée *sur la glace*, reliera Cronstadt à Orienenbaum, station de la ligne de Saint-Pétersbourg.

Les communications entre les deux villes avaient été jusqu'à ce jour assurées par un service de quinze cents traîneaux.

— **Montmorency.** — Le conseil municipal de Montmorency, dans une de ses dernières séances, s'est occupé de la prolongation du tramway et a émis, à l'unanimité, un vœu tendant à ce que ce travail se fasse dans le plus bref délai.

Éclairage Électrique. — **Anvers (Belgique).** — Le jour approche où la ville d'Anvers sera dotée de l'éclairage électrique. La question est à l'étude

Quelques personnes ont cru à tort que la Compagnie du gaz a un monopole qui met obstacle à l'adoption d'un autre système pour l'éclairage public. Ce monopole, qui fut prolongé de quinze ans lors de la constitution de la société hydro-électrique à laquelle s'est substituée, dans ces dernier temps, une autre combinaison, n'a jamais été consenti que pour le gaz, c'est-à-dire que, aux termes du contrat, la ville n'aurait pu s'adresser à une compagnie similaire. Mais elle a les mains libres pour tout autre système d'éclairage.

— **Montbovon.** — La Société électrique de Montbovon va commencer sous peu la construction de son usine à vapeur à Payerne, d'une puissance de 300 chevaux.

Cette installation sera tout spécialement destinée à suppléer à la force motrice de la Sarine pendant les basses eaux, cela en attendant la mise en service du grand tunnel de la Tine à Montbovon.

— **Nancy (Meurthe-et-Moselle).** — La compagnie du gaz de Nancy vient d'adresser à la municipalité une demande de concession d'éclairage électrique.

— **Planfoy (Loire).** — Une société vient de se créer à l'effet d'établir l'éclairage électrique à Planfoy et d'y distribuer la force motrice aux passementiers, en utilisant les chutes d'eau qui se trouvent aux environs.

— **Saint-Livres (Suisse).** — L'éclairage public et privé, fourni par l'usine électrique d'Aubonne, a été inauguré le 18 octobre avec plein succès.

— **Tarbes.** — La ville vient d'accorder, sur la demande de M. Laroudie, la concession de l'éclairage électrique, à la société dite « Compagnie d'électricité de Cognac ».

L'époque du commencement des travaux n'est pas encore décidée, mais nous croyons savoir qu'ils devront être entièrement terminés pour les premiers jours du mois d'août 1899, date qui est assignée aux concessionnaires pour procurer l'éclairage électrique à la ville.

Compagnie française des Métaux.— MM. les actionnaires sont informés que le coupon n° 6 des actions a été mis en paiement, à partir du 15 novembre 1898, à raison de : 28 fr. 80 pour les actions nominatives (impôts déduits) ; 27 fr. 60 pour les actions au porteur (impôts déduits).

Société industrielle des Téléphones. — MM. les actionnaires sont convoqués en Assemblée générale ordinaire, le samedi 26 novembre 1898, à quatre heures et demie, au siège social, 25, rue du Quatre-Septembre.

Pour faire partie de cette Assemblée, les actionnaires doivent être propriétaires d'au moins cinq actions et déposer leurs titres cinq jours au moins avant l'Assemblée, c'est-à-dire le 21 novembre au plus tard, dans les caisses de la Société.

Ordre du jour :

Approbation des comptes ;
Fixation du dividende ;
Nomination des Commissaires.

Adjudications, avis, offres et demandes.

Les informations marquées (O. N. C. E.) sont des communications de l'Office national du Commerce extérieur.

(*S'adresser pour tous renseignements complémentaires au siège de l'Office, 3, rue Feydeau.*)

— **Cadix** (**Espagne**). -- Les industriels français semblent, parait-il, se désintéresser de ce qui se passe en Espagne. Ainsi, le 31 juillet 1896, pas un industriel français n'a daigné se préoccuper d'une affaire excellente et d'une importance de plusieurs centaines de mille francs, que le consulat n'avait pas manqué de signaler avec cahier des charges et plans à l'appui.

Il s'agissait de la Sociedad Cooperativa Gadelana de fabricacion de gas, qui demandait un devis pour l'installation d'une fabrique d'électricité et l'établissement d'un réseau de câbles aériens. Dix-sept projets furent présentés par des maisons allemandes, anglaises, suisses et espagnoles, mais pas une seule française. Un projet allemand a été adopté et trois ingénieurs allemands sont venus diriger les travaux, et cette usine est à l'heure actuelle, en pleine marche de prospérité.

C'est d'autant plus regrettable, que nous savons par nous-mêmes que les produits de l'industrie électrique française sont très estimés en Espagne. (O. N. C. E.)

— **Courbevoie.** — Le maire de Courbevoie mettra en adjudication prochainement l'entreprise de la fourniture dans la ville pendant trente-cinq années, du gaz pour l'éclairage, le chauffage ou la force motrice. Les renseignements concernant cette adjudication seront fournis aux intéressés, tous les jours, de 9 heures du matin à 4 heures du soir à la mairie où l'on peut prendre connaissance du cahier des charges.

— **Damas** (**Turquie**). — Actuellement, l'électricité n'est employée que par l'administration des télégraphes, par la société du chemin de fer de Beyrouth à Damas, Hauran et Beredjik, sur l'Euphrate, approvisionnée par le siège de cette société, qui se trouve à Paris, quelques rares particuliers et un hôtel ayant des installations de sonneries ou téléphones pour leur usage domestique. Peut-être y aurait-il là un débouché pour l'industrie électrique. (O. N. C. E.)

— **Maroc.** — Les électriciens français ne peuvent espérer des travaux bien importants dans ce pays. L'établissement d'un câble reliant le Maroc à l'Algérie et à la France présente cependant les éléments d'une étude très intéressante.

Comme applications de l'électricité à Tanger on ne peut guère citer que l'éclairage et un réseau téléphonique. La lumière est fournie par une usine appartenant à la Compagnie transatlantique espagnole de navigation, le téléphone a été organisé par Nicolau Rotondo, sujet espagnol qui a récemment installé un réseau dans la ville de Casablanca. Les électriciens français auraient peut-être intérêt à solliciter de gré à gré les fournitures, soit à la Compagnie transatlantique espagnole, soit à M. Rotondo. (O. N. C. E)

— **Mexique**. — Le moyen employé par nos industriels dans ce pays s'ils veulent y trouver des affaires rémunératrices, est d'installer à Mexico même des représentants largement payés qui se feraient présenter et bien venir des autorités fédérales et au moyen d'un service de renseignements bien organisé, seraient tenus au courant des affaires possibles. Aussitôt en possession d'indications sérieuses ils obtiendraient des fonctionnaires de Mexico, des lettres de recommandations bonnes et valables pour

les gouverneurs, dont ils connaitraient les tenants et aboutissants, et obtiendraient ce qu'ils voudraient. (O. N. C. E.).

— **Milan (Italie)**. — Nous engageons les industriels français désirant prendre part à des adjudications et faire des entreprises en Italie, à se grouper pour y avoir un représentant, notamment à Milan. Les projets d'éclairage des villes, usines, administrations publiques, comme les tramways électriques, avant d'être mis en adjudication, sont toujours étudiés par les intéressés qui font aux municipalités, aux industriels et aux administrations publiques des propositions accompagnées de plans et devis. La concurrence en construction électrique est très grande dans le nord de l'Italie, où les entreprises sont nombreuses et importantes. L'industrie locale est bien outillée, les grandes sociétés allemandes, suisses et belges ont des agents et plusieurs électriciens français sont aussi représentés à Milan. On estime donc que nos électriciens se trouveront dans une situation d'infériorité absolue vis-à-vis de leurs concurrents, tant qu'ils n'étudieront pas eux-mêmes ou par représentant sur place les affaires susceptibles d'être engagées. (O. N. C. E.)

— **Pologne**. — A Lodz, les quatre maisons suivantes : la Société par actions des manufactures de Carl Scheibler; la Société par actions des manufactures d'Israël K. Poznanski; la maison Carl Hofrichter; la Société par actions J.-L. Barry; et à Ozorkow, la maison Karl Schlosser, construisent cette année de vastes usines et installeront très probablement la lumière électrique.

Il est question d'établir entre Sosnowice, Silce, Dombrowa, Bendzin et Czeladz, un tramway électrique. Les promoteurs de l'affaire sont MM. W. Dietel, Schœn et Ciechanowski. On projette aussi l'éclairage électrique de Varsovie, de Lodz et de Radom. (O. N. C. E.)

— **Roumanie**. — Pour les électriciens français désireux de faire des affaires en Roumanie, il est de toute nécessité d'avoir dans ce pays un bon représentant pouvant non seulement donner avis des affaires qui se présentent, mais encore être en situation de les suivre de près dans les bureaux des diverses administrations publiques ou des sociétés privées. C'est ainsi qu'agissent les sociétés allemandes, autrichiennes et suisses. (O. N. C. E.)

— **Salas (Espagne)**. — On demande des soumissions pour la concession de l'éclairage électrique dans cette ville (province d'Oviedo) pendant une durée de trente ans.

— **Salonique**. — Deux projets concernant l'industrie électrique ont été dernièrement étudiés à Salo-

nique : l'éclairage de la ville et l'installation d'un tramway.

Les concessions de ces entreprises auraient été demandées par sir Ashmed Bartlett, qui jouit à Constantinople d'une assez grande influence, mais ces concessions paraissent douteuses. La Compagnie du gaz et la Société des tramways de Salonique se réservent en effet, par des contrats à longue échéance qu'elles ont passés avec la ville, la préférence pour toutes les installations électriques concernant leur industrie. Il faudrait les désintéresser et leurs exigences seraient très onéreuses.

(O. N. C. E.)

— **Sanghaï**. — On demande des soumissions pour la construction et l'exploitation d'un réseau de tramways électriques à trôlet aérien d'un développement de 35 km environ. S'adresser avant le 15 mars aux autorités municipales de la ville.

— **Stockholm (Suède)**. — Une importante société suédoise pour la fabrication des appareils électriques l' « Allmænna Svenska Aktiebolaget », de Vesteras, société fondée en 1891, au capital de plus de 2 000 000 de francs, se propose de procéder prochainement à l'installation, entre Lernbo et Grangesberg, d'un réseau de transmission de force avec usine génératrice calculée pour 3 000 chevaux-vapeur. Le coût de l'installation projetée n'atteindrait pas moins de 5 à 600 000 fr. Il y aurait là occasion pour nos électriciens de se mettre en rapports avec cette société suédoise dont le siège est à Vesteras. Il ne saurait être question pour eux d'obtenir l'adjudication des travaux projetés, mais il se pourrait qu'une commande de matériel leur fut faite si les prix consentis paraissaient avantageux à l' « Allmænna Svenska Elektriska Aktiebolaget ».

L'industrie électrique est très avancée en Suède et les installations nombreuses. Toutes ces installations sont faites par des maisons allemandes.

Il y a quelques années, une sérieuse commande de conducteurs et appareils de cuivre avait été faite en France. La commande fut mal exécutée et tout ou partie de l'envoi dut faire retour au fournisseur.

Cet incident regrettable a malheureusement jeté un fort discrédit sur nos produits, et maintenant l'industrie allemande sait en profiter.

(O. N. C. E.)

— **Suisse (Berne)**. — Il résulte d'une lettre de l'ambassadeur français à Berne que les entreprises électriques sont nombreuses en Suisse et y sont généralement prospères. La ville de Berne négocie en ce moment le rachat des tramways établis sur son territoire par une compagnie privée. Les uns sont à air comprimé, les autres à vapeur. Devenant, à partir du 1er janvier 1900, propriétaire des quatre lignes dont se compose ce réseau, elle s'engagerait à y substituer la traction électrique, en utilisant la force qu'elle obtiendrait de la station hydraulique de la Kanden.

LUCERNE vient d'obtenir un crédit de près de 2 millions pour transformer la ligne Kriens-Lucerne en tramway électrique. Ces travaux seront directement faits par la ville.

Le percement du SIMPLON mettra certainement en mouvement une série d'applications électriques pour le forage, la ventilation, la traction et l'éclairage.

En Suisse, les installations électriques sont en général faites par des maisons suisses; quelques maisons françaises ont cependant obtenu des commandes.

(O. N. C. E.)



OUVRAGES REÇUS

Il est donné un compte rendu bibliographique de tout ouvrage dont **deux** *exemplaires sont donnés à la Rédaction.*

La dynamo à courant continu, par J. Fischer Hinnen. Un volume in-8° carré, 450 pages, 300 figures, 3 planches hors texte. *J. Fritsch*, 30, rue Jacob, Paris. Prix, broché, 12 fr., cartonné, 14 fr.

En attendant qu'une analyse bibliographique plus étendue en soit donnée dans une autre partie de ce journal, nous signalerons ici l'apparition de ce volume.

D'après la préface de l'auteur, l'ouvrage est spécialement destiné aux dessinateurs, ces utiles auxiliaires de toute industrie mécanique. M. Fischer estime en effet que si l'instruction technique des ingénieurs électriciens français ne le cède en rien à celle des ingénieurs sortis des écoles des pays étrangers et même la surpasse, les dessinateurs sont au contraire dans un degré d'infériorité manifeste, infériorité qui a une répercussion fâcheuse sur le développement de l'industrie électrique en France. Ancien chef d'études aux ateliers d'Oerlikon, aujourd'hui ingénieur dans une de nos grandes maisons de constructions électriques, M. Fischer est mieux placé que tout autre pour donner un avis motivé sur ce sujet et nous ne pouvons que le remercier du souci qu'il a pris d'essayer de relever le niveau de l'instruction technique des jeunes dessinateurs.

Mais si l'ouvrage est dédié au dessinateur, cela ne veut pas dire que l'ingénieur n'y trouvera pas à s'instruire. Tout en conservant à ses explications un caractère relativement élémentaire, M. Fischer a en effet donné dans son livre une foule de renseignements, résultant d'une longue pratique et d'une étude continuelle de tout ce qui se publie de nouveau sur la question, qui ne peuvent manquer d'intéresser l'ingénieur électricien et lui être utiles.

Une analyse aussi sommaire que l'impose la place dont nous disposons ici ne permettant guère de justifier cette opinion, nous renverrons pour ce point à l'analyse plus détaillée de l'ouvrage que nous publierons bientôt. Pour le moment nous nous bornerons à reproduire les titres des chapitres : 1° Considérations théoriques ; 2° Calcul de l'induit ; 3° Calcul des inducteurs ; 4° Détermination expérimentale de la perméabilité ; 5° Solution par la méthode graphique de quelques problèmes pratiques ; 6° Décalage et étincelles dans les machines à courant continu ; 7° Dynamos à courant continu destinées à des emplois spéciaux ; 8° Organes des dynamos à courant continu ; 9° Description de quelques types de dynamos ; 10° Poids, dimensions et prix des dynamos ; 11° Récapitulation des formules nécessaires pour le calcul des dynamos ; 12° Tableaux.

On voit néanmoins par cette sèche énumération que tout ce qui concerne la dynamo à courant continu se trouve étudié dans l'ouvrage de M. Fischer, et la valeur de l'auteur, que nos lecteurs ont pu apprécier par les quelques articles qu'il a publiés dans ce journal, est un sûr garant que cette étude est approfondie.

Instruzioni pratiche di servizio sulla telefonia intercomunale (Instructions pratiques pour le service des communications téléphoniques interurbaines), par J. Brunelli. Un volume in-8°, 55 pages, 20 figures. *Unione Cooperativa editrice*, Via di Porta Salaria, 23, à Rome, 1898.

Publiée par le ministre des Postes et Télégraphes de l'Italie cette brochure est destinée à être mise entre les mains des agents chargés d'assurer le service des communications interurbaines. Sous une forme simple, accessible à tous, l'auteur y passe successivement en revue les différents appareils employés en téléphonie, et indique jusque dans leurs plus petits détails les opérations que doit faire l'employé.

L'Impiego dell'Alto Potenziale nelle Ferrovie elettriche (L'emploi des hauts potentiels sur les voies ferrées électriques), par P. Lanino. Un fascicule de 35 pages. *Ditta Giovanni Gussoni*, Piazza del Duomo largo, via Torino, 2, à Milan, éditeur, 1898.

Dans cette brochure, reproduction d'un article paru dans le journal *Il Monitore tecnico* de Milan, l'auteur développe une question déjà traitée par lui, en collaboration avec M. Cairo, devant l'Association électrotechnique italienne : l'emploi des courants polyphasés pour la traction sur voies ferrées. M. Lanino examine en particulier s'il ne serait pas possible d'adopter pour la traction sur les longues lignes une tension beaucoup plus grande que celle que l'on emploie ordinairement, adoption qui s'impose si l'on ne veut pas avoir une perte en ligne trop importante. Il pense qu'avec une installation bien soignée une tension de 3 000 à 4 000 volts ne serait pas plus dangereuse qu'une tension de 500 volts.

Street Railway Roadbed, par Mason D. Pratt et C.-A. Alden. Un volume in-8°, 132 pages, 154 figures. *Street Railway publishing Company*, 26, Cortland Street, New-York, 1898.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES

AE American Electrician.
A T Annales télégraphiques.
B S E Bulletin de la Société d'Encouragement.
D E L Die Elektrizitæt (Leipzig);
E Engineering (Londres).
E am The Engineering and Mining Journal (New-York).
E C L'Electrochimie.
E En The Electrical Engineer (New-York).
El The Electrician (Londres).
Elé L'Electricien.
E Ls L'Elettricista (Rome).
E M The Engineering Magazine (New-York).
E R Electrical Review (Londres).
E T R Elektrotechnische Rundschau (Francfort-sur-Mein).
E T Z Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin).
E W The Electrical World (New-York).
Gc Le Génie civil.
I C Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.
Ie L'Industrie électrique.
I E C L'Industrie électrochimique.
I I Industries and Iron (Londres).
J EE Journal of the Institution of Electrical Engineers (New-York).
J P Journal de Physique.
J T Journal télégraphique (Berne).
N C Il Nuovo Cimento (Pise).
P C R Journal de la Société physico-chimique russe (Saint-Pétersbourg).
P M Philosophical Magazine (Londres).
P S L Proceedings of the Physical Society of London.
Rgds Revue générale des Sciences.
Ri Revue industrielle.
RL Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei (Rome).
R M Revue de mécanique.
R N Rendiconti dell'Accademia di Napoli.
SA Journal of the Society of Arts (Londres).
Sie Bulletin de la Société Internationale des Electriciens.
S R J Street Railway Journal (New-York et Chicago).
S S P Société française de physique.
T P Revue des Transports parisiens.
U E Bulletin des Usines électriques
Z E C Zeitschrift für Elektrochemie (Halle).
Z E T Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne).
W A Annalen der Physik und Chemie de G. et E. Wiedemann (Leipzig).

Théorie.

Note théorique sur deux hypothèses physiques ; Brylinski et P. Juppont (Ie, p. 450, 25 octobre).
Sur la théorie électrique solaire ; Delta (E R, p. 655, 4 novembre).
Nouvelle démonstration du théorème de Stokes ; R. Blondlot (A T, p. 270, mai-juin).
Sur une classe particulière de surfaces équipotentielles cylindriques ; J.-B. Pomey (A T, p. 150, mars-avril).
Sur la température d'un conducteur linéaire bimétallique ; Straneo (R L, p. 206, 16 octobre).
Courants alternatifs (I I, p. 362, 4 novembre).
Courants produits par des forces électromotrices harmoniques dans des circuits en dérivation et dans des circuits induits ; Thomas-R. Lyle (El, p. 72, 11 novembre).
Variation de la constante diélectrique du verre par la traction mécanique ; Ercolini (R L, p. 183, 16 octobre).
Sur les oscillations hertziennes et leur influence sur le développement de la physique ; Holzmuller (E T R, p. 31, 1er novembre).
Sur les rayons cathodiques, sur les rayons Rœntgen et sur la grandeur et la densité des atomes ; Guglielmo (R L, p. 189, 16 octobre).
Sur la transformation des rayons X ; D. Hurmuzescu (S S P, p. 66).
Recherches magnétiques ; Erich Schmidt (Z E C, p. 206, 3 novembre).
Relation entre l'aimantation des aiguilles aimantées et leur longueur. Essai d'une théorie de la distribution magnétique ; P. Morin (S S P, p. 31).
Sur la distribution magnétique dans les cylindres de fer ; J.-L.-W. Gill (P M, p. 478, 1er novembre).
Effet Hall dans un électrolyte binaire ; F.-G. Donnan (P M, p. 465, 1er novembre).
Sur la perturbation magnétique du 9 septembre ; G. Folgheraiter (E Ls, p. 256, 1er novembre).
Sur la déviation magnétique des décharges électriques à travers les gaz ; J. Henry (P M, p. 429, novembre).
Quelques propriétés des décharges électriques produites dans un champ magnétique. Assimilation au phénomène de Zeeman ; A. Broca (S S P, p. 23).
Sur les effets physiologiques de l'électricité ; d'Arsonval (A T, p. 191, mai-juin).
Interrupteurs rapides pour bobines d'induction ; Margot (A T, p. 185, mars-avril).
Sur un nouvel interrupteur pour les bobines d'induction ; V. Chémieu (S S P, p. 10).

Génération et distribution.

Moteurs thermiques et hydrauliques. — Le destructeur d'ordures de Shoreditch ; T.-W. Baker (El, p. 53, 4 novembre).
Sur le destructeur d'ordures (E R, p. 694, 11 novembre).
Sur les causes de la variation du rendement des chaudières à vapeur et sur leur influence dans les essais ; F.-G. Gasche (I I, p. 387, 11 novembre).
Alimentateur automatique pour chaudière, système Waggoner (Ri, p. 453, 12 novembre).
Pompe d'alimentation des chaudières (E R, p. 661, 4 novembre).

Eléments essentiels d'économie de vapeur dans les usines ; W. COOPER (E M, p. 197, novembre).

Dynamos et moteurs électriques. — Groupe générateur Allen-Silvertown pour l'arsenal de Woolwich (E R, p. 674, 4 novembre).

Enroulements et connexions d'armatures ; Arthur-L. RICE (A E, p. 501, novembre).

Compensation du courant dans les enroulements d'armatures en parallèle (E W, p. 440, 29 octobre).

Distribution du courant et réception de l'énergie dans les armatures en court-circuit ; G. RŒSSLER (E T Z, p. 750, 10 novembre).

Essai d'une dynamo multipolaire à courant continu ; E.-J. MURPHY et P.-Edwin van SAUN (A E, p. 494, novembre).

Alternateurs triphasés de Brioschi, Finzi et Cᵒ de Milan (El, p. 39, 4 novembre.

Synchronisation des alternateurs ; Chas.-A. PERKINS (E W, p. 412, 22 octobre).

Piles et accumulateurs. — Eléments galvaniques de la société Colombus à Ludwigshaffen S. Rh. (EC, p. 142, novembre).

Accumulateurs Hatch (E R, p. 697, 11 novembre).

La batterie d'accumulateurs de l'usine génératrice de la Brunswick traction Cᵒ (E W, p. 444, 29 octobre).

Sur l'allure des courbes de charge rapide des accumulateurs Planté ; P. GIRAULT (Ie, p. 453, 25 octobre).

Stations génératrices et installations. — Le prix de revient de l'éclairage électrique à Blackpool (E R, p. 696, 11 novembre).

Les distributions municipales au point de vue commercial ; Alfred-H. GIBBINGS (El, p. 79, 11 novembre).

Utilisation des chutes de Saint-Anthony sur le Mississipi pour la création d'usines électriques (Gc, p. 24, 12 novembre).

La distribution de l'énergie électrique à Paris ; J. LAFFARGUE (Ie, p. 465, 25 octobre).

L'usine génératrice de distribution d'éclairage et de force à Turin ; C. BARBERIS (E Ls, p. 250, 1ᵉʳ novembre).

La station de distribution électrique de Nuremberg ; Philipp SCHOLTES (E T Z, p. 744, 10 novembre).

Sur les installations électriques de Berlin (D E L, p. 509, 29 octobre).

Les installations électriques municipales de Hull ; El, p. 34, 4 novembre ; E R, p. 669, 4 novembre).

Les installations électriques de Folkestone (El, p 68, 11 novembre ; E R, p. 711, 11 novembre).

Les installations électriques de Nuremberg ; Philipp SCHOLTES (E T Z, p. 721, 3 novembre).

L'électricité dans la Gruyère ; R. B. R. (Elé, p. 315, 12 novembre).

Description des installations électriques des expositions du Jubilé (Z E T, p. 518, 30 octobre).

L'éclairage du New-Palace Theatre à Plymouth (E R, p. 619, 28 octobre).

Distribution. — La transmission de l'énergie à longue distance ; Ernst-J. BERG (I I, p. 388, 11 novembre).

Transmission sans fil de la puissance électrique, système Tesla (E R, p. 693, 11 novembre).

Le système de Tesla pour la transmission électrique de la puissance à travers les corps (E R, p. 709, 11 novembre).

L'emploi des courants polyphasés dans les stations de faible puissance de la Gas and Electric Cy de Hackensack (A E, p. 487, novembre).

Calcul des conducteurs pour installations électriques (E R, p. 655, 4 novembre).

Canalisations électriques souterraines sous la rivière de Boston (E W, p. 442, 29 octobre).

Appareillage. — Interrupteur Tesla (D E L, p. 511, 29 octobre).

Quelques types de parafoudres américains ; Henry-E. RAYMOND (A E, p. 497, novembre).

Les installations intérieures ; Charles-E. KNOX (A E, p. 512, novembre).

Applications mécaniques.

Sur les moteurs d'induction à vitesse de rotation variable ; F. NIETHAMMER (E T Z, p. 748, 10 novembre).

Prédétermination des diagrammes des moteurs à courant triphasé ; Alexander ROTHERT (E T Z, p. 730, 3 novembre).

Comparaison entre les divers modes de groupement des moteurs d'un atelier ; E. HARTMANN (E T R, p. 30, 1ᵉʳ novembre).

Mise en mouvement des machines-outils par transmission directe et par arbre intermédiaire (El, p. 76, 11 novembre).

Riveuse électrique (Gc, p. 412, 22 octobre).

Cabestans électriques du chemin de fer du Nord (E, p. 579, 4 novembre).

Cabestans électriques (E, p. 626, 11 novembre).

Application des électro-aimants aux appareils de levage (Gc, p. 12, 5 novembre).
Installation à courants triphasés des ateliers de construction de wagons à Bristol ; William GEIPEL (I I, p. 366, 4 novembre ; E, 11 novembre).
Emploi de l'électricité sur les navires de guerre (E R, p. 658, 4 novembre).
Equipement électrique du croiseur *Newark* ; E.-W. COUNTISS (A E, p. 491, novembre).
Appareils électriques pour mesurer et enregistrer le volume du houblon (D E L, p. 514, 29 octobre).

Traction.

Comparaison entre la traction électrique et par moteurs à gaz (E R, p. 699, 11 novembre).
Le calcul des moteurs de traction pour accélération rapide ; Charles-A.-Carus WILSON (E T Z, p. 734, 3 novembre).
Traction électrique par courants superficiels ; S.-P. THOMPSON et Miles WALKER (E W, p. 418, 22 octobre).
Conduite souterraine Anderson pour traction électrique (El, p. 38, 4 novembre ; E R, p. 657, 4 novembre).
Eclissage électrique des rails (S R J, p. 745, novembre).
Développement de l'emploi des joints fondus et amalgamés (S. R. J, p. 749, novembre).
Le matériel de traction électrique de la Elektricitæts Aktiengesellschaft, à Nuremberg (E, p. 605, 11 novembre).
Equipement et entretien des voitures de tramways électriques ; A. HOPKINS (I I, p. 365, 4 novembre).
L'inspection et l'entretien des moteurs et des voitures de tramways ; F.-B. PERKINS (Elé, p. 302, 5 novembre).
Organisation et procédés d'exploitation de la Union Traction Cy de Philadelphie (S R J, p. 691, novembre).
Comparaison des dépenses et des bénéfices dans l'exploitation des tramways à chevaux, funiculaires et électriques de New-York (S R J, p. 721, novembre).
Système de perception du prix des places et de contrôle des employés (S R J, p. 741, novembre).
Tramway électrique de Berlin, à prise de courant tantôt aérienne, tantôt souterraine ; Henry MARTIN (Gc, p. 1, 5 novembre).
Tramways électriques du district de Cripple Creek (S R J, p. 701, novembre).
Les tramways électriques de Honolulu ; Frank-X. CICOTT (S R J, p. 725, novembre).
Les tramways de Lausanne (E R, p. 727, 11 novembre).
Les tramways électriques de Vienne, Carl NEUDECK (Z E T, p. 529, 6 novembre).
Voitures spéciales du réseau de tramways de Brooklyn ; N. Y (S R J, p. 704, novembre).
La traction électrique des trains aux Etats-Unis (Ie, p. 456, 25 octobre).
Améliorations récentes dans la traction mécanique des chemins de fer (S R J, p. 710, novembre).
Traction électrique sur les canaux (El, p. 53, 4 novembre).
Moteurs d'automobiles (E R, p. 698, 11 novembre).
Puissance à donner aux moteurs pour automobiles (Ri, p. 444 et 456, 5 et 12 novembre).

Télégraphie et téléphonie.

Les navires pour la pose des câbles télégraphiques (E R, p. 659, 4 novembre).
Le transmetteur automatique à signaux bridés de M. Muirhead ; A. TOBLER (A T, p. 130, mars-avril).
La télégraphie sans fil par ondulations électriques ; J. VOISENAT (A T, p. 95, mars-avril).
Sur la télégraphie hertzienne sans fil avec le radio conducteur de Branly et les dispositifs de Popoff et E. Ducretet ; E. DUCRETET (S S P, p. 51).
Télégraphes et téléphones en Perse (E R, p. 660, 4 novembre).
Etude sur la téléphonie moderne ; BARTH VON WEHRENALP (Z E T, p. 534, 6 novembre).
Du choix des localités comme centres de groupes téléphoniques interurbains ; M. CAILHO (A T, p. 261, mai-juin).
Système Sabin et Hampton pour la téléphonie urbaine et à grande distance ; A. KRAATZ (E T Z, p. 756, 10 novembre).
Appareil d'appel pour téléphonie à grande distance (E T Z, p. 735, 3 novembre).
Quelques appareils téléphoniques américains ; KEMPSTER B. MILLER (A E, p. 513, novembre).
Commutateur multiple téléphonique ; DUBREUIL (Elé, p. 299 et 317, 5 et 12 novembre).
L'Etat et les téléphones (El, p. 46, 4 novembre).

Eclairage.

Sur l'arc voltaïque obtenu avec une force électromotrice constante ; F. LORI (E Ls, p. 241, 1er novembre).
La photométrie de l'arc enfermé à courant alternatif ; C. MATTHEWS, W.-P. THOMPSON et J.-E. HILBISH (E W, p. 368, 8 octobre).
Les derniers perfectionnements apportés dans les systèmes d'éclairage des phares français ; Jacques BOYER (E M, p. 227, novembre).
Réseau expérimental d'éclairage à 2 fils et à 220 volts ; Louis-E. FOULKS (E W, p. 416, 22 octobre).
Illuminations électriques (E W, p. 411, 22 octobre).

Electrochimie.

Le traitement des minerais de nickel et l'affinage du métal ; Titus ULKE (E M, p. 215, novembre).
Procédé Mond pour l'extraction du nickel (E, p. 615, 11 novembre).
Sur l'affinage électrolytique des métaux ; C. HOEPFNER (E T Z, p. 732, 3 novembre).
L'électrodéposition du cuivre (E, p. 581 et 626, 4 et 11 novembre).
Procédé Dumoulin pour l'électrodéposition du cuivre (E R, p. 663 et 700, 4 et 11 novembre).
L'électrodéposition de l'or au Transvaal ; E. ANDREOLI (Elé, p. 304, 5 novembre).
Etudes sur l'électrolyse des chlorures alcalins ; F. WINTELER (Z E C, p. 217, 3 novembre).
Sur la production électrolytique de quelques nouveaux types

de sulfures ; C. Schall et Krassler (Z E C, p. 225, 10 novembre).
Emploi de l'acétylène pour l'éclairage des trains (Gc, p. 13, 5 novembre).
L'aluminium au Grand Opéra (E C, p. 143, novembre).
L'emploi de l'électrolyse pour le nettoyage des surfaces métalliques ; C.-F. Burgess (E W, p. 445, 29 octobre).
Sur les nouvelles installations électrométallurgiques de l'école technique royale d'Aix-la-Chapelle ; W. Borchers (Z E C, p. 215, 3 novembre).
L'électricité en agriculture (E R, p. 698, 11 novembre).
Expériences sur l'influence de l'électricité sur l'accroissement des végétaux ; Selim Lemstrœm (E R, p. 687, 4 novembre).

Mesures.

Sur l'isolement des appareils contre les trépidations du sol ; A. Broca (S S P, p. 8).
Etalons de grande résistance ; F.-B. Fawcett (P M, p. 500, novembre).
Voltmètres, ampèremètres et wattmètres ; Charles-T. Child (A E, p. 510, novembre).
Note sur le galvanomètre Sullivan ; C. Jaulin (A T, p. 266, mai-juin).
Phasemètre (E T R, p. 29, 1er novembre).
Les compteurs Brillié (E C, p. 149, novembre).
Réduction des frottements dans les compteurs à moteurs (E W, p. 417, 22 octobre).
Rapport du comité des étalons de mesures de l'Association américaine pour l'avancement des sciences (E W, p. 421 22 octobre).
Nouvelle méthode pour la mesure des champs magnétiques ; E. Bouty (S S P, p. 14).
La mesure de l'énergie dans les distributions à trois et à cinq fils : Paul Bary (le, p. 445, 25 octobre).
Sur le contrôle des appareils électriques industriels ; C. Camichel (S S P, p. 62).
Nouveau type de photomètre Preece Trotter (El, p. 48, 4 novembre).
Deux méthodes pour la détermination électrolytique du zinc : Heinrich Pawech (Z E C, p. 221, 3 novembre).

Divers.

Dixième assemblée générale de l'Union permanente des tramways ; E.-A. Ziffer (S R J, p. 713, novembre).
La conférence internationale sur le magnétisme (El, p. 41, 4 novembre).
Discours présidentiel de M. Preece à la Institution of civil Engineers (El, p. 49 et 82, 4 et 11 novembre ; (E R, p. 688 et p. 697 et 723, 4 et 11 novembre).
L'électricité et l'art de l'ingénieur civil (El. p. 44, 4 novembre).
Les installations de la maison Brioschi, Finzi et Cie de Milan, à l'exposition de Turin (E Ls, p. 247, 1er novembre).
Les illuminations électriques du Jubilé de la Paix à Chicago (E W, p. 439, 29 octobre).
L'industrie électrique en Prusse (S A, p. 931, 4 novembre).
L'électricité au Maroc (El, p. 52, 4 novembre).

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, 58 bis, *rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.*

266 979. **E. Goossens Pope et Cie.** 20 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet du 17 mai 1897 pour fixation du socle dans les lampes à incandescence.
268 062. **Mauny.** 21 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 22 juin 1897 pour un nouveau système de machine dynamo-électrique.
270 037. **Ortt.** 29 juin 1898. — Certificat d'addition au brevet pris le 30 août 1897 pour dispositif pour l'obtention de décharges obscures.
278 880. **Société Solvay et Cie.** 14 juin 1898. — Procédé pour augmenter le rendement de certaines électrolyses.
278 885. **Brown.** 14 juin 1898. — Système perfectionné de communication électrique destiné à la téléphonie, la télégraphie et autres usages.
278 888. **Michaelson.** 14 juin 1898. Perfectionnement aux lampes électriques.
278 939. **Laarmann et Brockelt.** 16 juin 1898. — Compteur d'électricité pour courants alternatifs.
278 952. **Genteur.** 16 juin. — Interrupteur automatique à grande distance par un fil pilote.
278 983. **Djavakhoff et de Romanoff.** 17 juin 1898. — Description d'une méthode ou système économique de distribution de l'énergie électrique pour but industriel.
278 984. **Bay state electric heat and light Company.** 17 juin 1898. — Perfectionnements apportés aux chauffoirs électriques.
279 010. **Wydts et Rochefort.** 18 juin 1898. — Perfectionnements apportés aux interrupteurs-trembleurs de courants électriques.
279 011. **Société Noury et Cie.** 18 juin 1898. — Perfectionnements apportés aux câbles ou conducteurs isolés pour connexions électriques.
279 035. **Bergmann.** 20 juin 1898. — Perfectionnements apportés aux lampes à arc à enveloppes.
279 038. **Johnson et Lundell.** 20 juin 1898. — Système de porte-balais de commutateurs pour moteurs ou machines dynamo-électriques.
279 044. **Société française de l'Ambroïne.** 20 juin 1898. — Perfectionnements dans les supports ou armatures isolants pour les conduites d'électricité.
279 047. **Galey frères et Grosse et Boubault.** 20 juin 1898. — Machine dynamo-moteur à courant continu démarrant en charge sur le courant alternatif.
279 058. **Société Boucherot et Cie.** 21 juin 1898. — Distributeur-régulateur de courant continu.
279 060. **Paris.** 21 juin 1898. — Perfectionnement aux plaques ou électrodes de batteries secondaires.
279 064. **Belfield.** 21 juin 1898. — Perfectionnements apportés aux dispositifs de changements de vitesse et aux moteurs électriques employés avec ces dispositifs.
279 072. **La firme E. von Koppen et Cie.** 21 juin 1898. — Dispositif pour fixer des lampes à arc verticalement au-dessus de mâts élevés.

NOUVELLES

Exposition internationale d'électricité à Côme. — Nous avons précédemment donné (*Supplément* du 13 août, t. XVI, p. XLIX), le programme de la section d'électricité de l'exposition qui doit avoir lieu l'an prochain à Côme en l'honneur de Volta. La chambre de commerce française de Milan, nous adresse à ce sujet une brochure dans laquelle se trouvent décrites les constructions que l'on élève pour recevoir les produits exposés.

L'enceinte de l'exposition comprendra tous les jardins publics actuels (22 000 m²), et la majeure partie de la place d'Armes ou champ Garibaldi (38 000 m²), soit une surface totale de jardins de 60 000 m² où seront édifiés les constructions accessoires.

Les constructions principales, du style Empire, pour rappeler la date des mémorables expériences de Volta n'auront pas moins de 105 000 m² de superficie.

La chambre de commerce française de Milan ajoute qu'elle se met à la pleine et entière disposition de ceux de nos compatriotes qui désireraient exposer, pour leur fournir tous les renseignements dont ils auraient besoin.

L'emploi de la vapeur d'échappement pour le chauffage des usines. — L'utilisation des quantités de chaleur perdues jusqu'ici, se développe de plus en plus dans les usines. C'est ainsi que diverses usines américaines ont utilisé la vapeur d'échappement de leurs moteurs pour le chauffage des différents ateliers et salles de travail.

Parmi ces installations, l'une des plus intéressantes est celle des ateliers de la Verity Plow C° à Bradford (Etats-Unis), reconstruite récemment après un incendie. On y emploie la vapeur d'échappement à une pression variant de 75 à 150 gr : cm², provenant de la machine principale (200 chevaux) pour maintenir à 10, 18 et 21°, la température des ateliers. Dans ce but, la vapeur est envoyée dans deux calorifères constitués par des tubes de 25 mm ; pour l'un d'eux la longueur des tubes est d'environ 4 000 m ; pour l'autre de 2 300 m. Deux ventilateurs, dont le tube d'aspiration débouche au sommet des bâtiments, envoient de l'air à travers les batteries de tuyaux. L'air chaud est conduit par des carneaux en briques, qui longent les murs de fondation, dans des carneaux verticaux, dissimulés dans les murs et débouchant à la partie supérieure des pièces à chauffer.

L'eau de condensation des deux batteries de chauffage se réunit dans le réservoir d'une pompe automatique qui la distribue aux tuyaux d'alimentation des chaudières.

Fonctionnement des moteurs à pétrole à très grande altitude. — Le *Génie Civil* signalait récemment le bon fonctionnement d'un moteur à pétrole installé à 3 000 mètres d'altitude, c'est-à-dire en un

point où la pression atmosphérique ne correspond plus qu'à une hauteur de mercure de 52 cm et où la température d'ébullition de l'eau n'est que de 90°.

Un des correspondants de ce journal lui écrit de La Paz (Bolivie) qu'une installation de moteurs à pétrole, à Oruro, à 3 850 m d'altitude a donné au contraire des résultats déplorables. Cette installation comprend deux moteurs, l'un de 8 et l'autre de 4 chevaux, fort bien construits d'ailleurs. Le premier n'a pu fournir qu'une puissance de 2 et 3 chevaux tandis que le second n'a pas donné plus d'un cheval et demi.

Les causes de cet échec ne sont pas expliquées, mais il paraît que les moteurs en question ont été repris par leurs constructeurs qui se seraient engagés à les remplacer par de nouveaux devant donner toute satisfaction.

Le chemin de fer de la Jungfrau. — On a inauguré, le 17 septembre, le premier tronçon de chemin de fer de la Jungfrau (*Écl. Élec.*, t. XI, p. 288, et t. XIII, p. 25 et 45) qui va de la station Scheidegg de la ligne de Wengernalp au glacier de l'Eiger. La voie est à crémaillère Abt et la traction est électrique par trolet. Ce premier tronçon a environ 2 500 m de longueur et permet d'arriver jusqu'à l'ouverture du souterrain qui traversera l'Eiger, le Münch, avant de pénétrer dans le massif Jungfrau.

Traction électrique. — **Barcelone.** — On a autorisé The Barcelona Tramway Company à substituer à la traction chevaline la traction électrique par câble aérien sur la ligne de tramways qui depuis la promenade de Gracia se dirige par la rue des Cortès, place de Tétuan, promenade San-Juan, jusqu'à proximité del Arco de Triunfo et dont la longueur est de 1 343 m; elle joint celle de Atarazanas à Gracia et fait partie du réseau général (plus de 12 km) exploité par cette compagnie.

— **Bilbao (Espagne).** — Il y a eu récemment une mise en adjudication pour l'établissement d'une ligne de tramway électrique de Bilbao à Durango, avec une ligne sur Ceanuri y Villaro. C'est M. D. Angel Iturralde qui a obtenu la concession.

— **Caudéran.** — Les travaux pour la création d'une ligne de tramways électriques sont commencés Environ 500 m de rails sont déjà posés aux Pins-Francs, et la compagnie espère livrer à la circulation des voitures pour le mois de juin prochain. Deux équipes d'ouvriers sont sur les chantiers, l'une des Pins-Francs à Saint-Médard, l'autre jusqu'au boulevard.

— **Gap.** — Il est question de l'établissement d'un tramway électrique devant relier le bourg d'Oisans à Briançon, en utilisant les chutes d'eau de la vallée de la Guisanne, pour obtenir la force motrice nécessaire. Il est aussi question de l'installation d'une crémaillère, comme celle de Fourvières ou de la Croix-Rousse, devant relier la gare de Briançon à la ville en se servant de la puissance électrique non utilisée de MM. Guitton, Bertolus et Cie.

— **Sedan.** — Le réseau de tramways électriques de Sedan portera le nom de Sedan-Balan-Floing et comprendra cinq lignes d'une longueur totale de 8,695 km.

1° La première de ces lignes partira de la place Turenne, suivra la rue Gambetta, place Crussy, place d'Alsace-Lorraine, avenue Philippoteaux, et aboutira à la gare : sa longueur est de 1,803 km.

2° La seconde ligne partira aussi de la place Turenne, passera place d'Harcourt, rue Blanpain, place St-Vincent, rue du Général-Margueritte et chemin de Floing : sa longueur est de 1,734 km.

3° La troisième ligne, ayant aussi son point de départ de la place Turenne, suivra la rue Gambetta (parcours commun avec la ligne n° 1 sur une longueur de 353 m), prendra la rue Carnot, traversera la place de la Halle, la rue du Ménil, place Nassau, faubourg du Ménil, chemin de Balan, jusqu'au chemin du cimetière : longueur 2,330 km.

4° Cette quatrième ligne partant de la place Turenne, suit la rue Gambetta, place Crussy, place d'Alsace-Lorraine (parcours comme avec la ligne n° 1), remonte l'avenue Philippoteaux, traverse la place Nassau, la rue Nassau et suit la route nationale n° 77, jusqu'au chemin d'Illy. Longueur, 2,152 km.

Lampes à Arc JANDUS

La **LAMPE** à **ARC JANDUS** est la première et la seule réellement pratique des lampes en vase clos. Elle donne une lumière plus douce, plus diffuse et plus blanche que ne le peuvent faire les lampes à arc ouvert et augmente de 20 fois la durée des charbons.

La **LAMPE** à **ARC JANDUS** n'a ni mouvement d'horlogerie, ni cliquets, ni ressorts, ni cordes, mais une seule pièce mobile en acier coulé pesant 1 k. 200 et dont le mouvement vertical sans friction ne dépasse pas 3 centimètres.

La **LAMPE** à **ARC JANDUS** brûle seule en dérivation sur courants de 100 à 200 volts sans perte d'énergie, ce qui supprime l'obligation d'avoir 2, 3, 4 ou 5 lampes en série.

La **LAMPE** à **ARC JANDUS** ne nécessite pas de coûteux et volumineux rhéostats extérieurs, étant complète en elle-même et se monte aussi aisément qu'une lampe à incandescence.

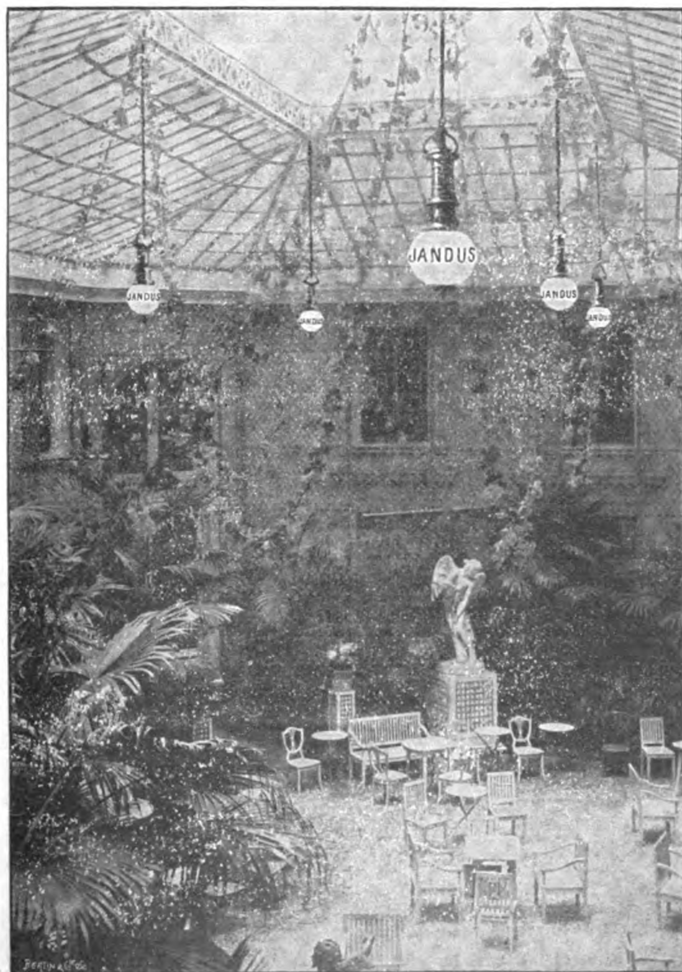
La **LAMPE** à **ARC JANDUS** économise de 60 à 85 francs par lampe et par an, en charbons et manutention, fait reconnu par les nombreuses C[ies] Edison dans le monde, qui emploient des milliers de nos lampes, lesquelles durent de 125 à 230 heures suivant l'énergie utilisée.

La **LAMPE** à **ARC JANDUS** est approuvée et employée par 10 gouvernements, 40 expositions, 100 bâtiments publics, 300 municipalités, 400 ateliers, 5,000 magasins, etc , formant un total de plus de 50,000 lampes. — *Elle est employée par :*

Théâtre de l'Opéra.
— l'Olympia.
— Parisiana.
— Folies-Bergère.
Casino de Paramé.
Divan Japonais.
Concert Parisien.

Félix Potin et C[ie].
Grands Bazars-Métropole.
Bars Biard.
Café du Rat-Mort.
Bouillons Chartier.
Photographie Van Bosch.
Rue Ambroise Thomas.

GRAND HOTEL, 12, boulevard des Capucines, PARIS



Cies d'Électricité & Secteurs Électriques

QUIMPER	NANTES
NIMES	MONTPELLIER
LAMBALLE	TOULOUSE
ELBEUF	FÉCAMP
CANNES	REVEL
ROUEN	PAU
LE MANS	PARAMÉ

ATELIERS, MINES, CHANTIERS, etc.

Karcher et Cie. *brasseurs, Paris.*
Établissements Panhar et Levassor.
Cie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usine, *Paris.*
Popineau, Vizet fils et C[ie]. *Plaine St-Denis.*
Mouton. *Plaine St-Denis.*
Mines de Blanzy. *Montceau-les-Mines.*
» » *Nantes.*
Bessonneau, *Angers.*
J. Jaluzot et Cie, *Magasins du Printemps.*
» *Origny, Ste-Benoite.*
de Diétrich et Cie, *Lunéville.*
Singrün frères, *Epinal.*
K. du Bernard, *Brassac.*
Lacroix fils et Cie. *Mazières-sur-le-Salat.*
Danière frères, *Roanne.*
A. Ducommun et Cie, *Avignon.*
Henneton et Cie. *Lille.*
Vandersluys et fils. *Dunkerque.*
A. Gibert, *St-Quentin.*
L. Callaud, *Nantes.*
E. Bouts, *Toulouse.*
Thierry-Wierre et Cie, *Paris.*
E. H. Cadiot et Cie, *Paris.*

Écrire pour plus amples renseignements à la

C[ie] des LAMPES à ARC JANDUS

35, rue de Bagnolet, PARIS

5° Comme les précédentes la cinquième ligne part de la place Turenne, passe sur le pont de Meuse; suit la rue Thiers, le viaduc de Torcy et la route nationale n° 64 jusqu'au passage à niveau du chemin de fer, sa longueur est de 1,577 km.

Sedan aura 6,830 km de voie, Floing 879 m et Balan 986 m.

La population agglomérée des trois localités est de 24000 habitants, se répartissant ainsi : 20 163 pour Sedan; 1 496 et 2 236 pour Balan et Floing.

Sedan on le sait est fort étendu, se prolongeant dans toutes les directions par ses faubourg populeux. L'industrie de la ville est importante. Sa gare assez éloignée (1 200 m de la place Turenne), voit chaque année une moyenne de 410 000 voyageurs dont 167 000 au départ et 213 000 à l'arrivée, soit environ 1 120 par jour.

Le nombre de voitures automobiles en service sera de huit et une en réserve.

Le prix des places sera pour toutes les lignes de 0,15 fr en première classe et 0,10 en seconde classe.

Pour correspondance d'une ligne sur l'autre, 0,05 en plus.

Les dépenses d'après l'estimation d'avant-projet, s'élèvent, pour Sedan, à la somme de 1 433 500 fr.

Etablissement de la voie	445 100 fr.
Terrain et bâtiments	180 000 »
Usine génératrice :	
Partie mécanique	137 800 »
Partie électrique	61 600 »
Ligne électrique	201 000 »
Matériel roulant	200 600 »
Dépenses diverses	207 400 »
Total	1 433 500 fr.

Eclairage électrique. — Carthagène (Espagne). — L'usine d'électricité qui fournit l'éclairage à la ville et dans les villages environnants compte une moyenne de 1 665 abonnés parmi lesquels figurent 7 cercles, 3 théâtres, 5 cafés, 600 magasins, 1 050 particuliers. Cette usine appartenant à la Société espagnole Malo de Molina et José Pico, dispose de 5 dynamos de 125 volts. Le matériel est importé d'Allemagne, d'Angleterre et de Suisse, O. N. C. E.

— **Fismes.** — On nous apprend que la Société d'éclairage par l'électricité de Fismes, Bazoches et Braine réunies vient, indépendamment de la force motrice de Bazoches qu'elle possède déjà, d'acquérir à Fismes l'usine de Chézelles, dans le but d'augmenter sa force motrice hydraulique. C'est dans

cette usine que seraient placés les accumulateurs destinés à envoyer la lumière en ville.

Il est permis d'espérer que l'installation de la lumière électrique pour la ville sera faite dans un temps très rapproché.

— **Gex**. — Le conseil municipal vient de recevoir un projet d'installation d'éclairage électrique de M. Stuzmann, électricien à Richelieu, canton de Genève.

M. Stutzmann s'engage à fournir l'éclairage des voies, chemins, places et locaux communaux de Gex, à l'exclusion de Mijoux, au moyen de la quantité d'énergie nécessaire pour donner une lumière de 1 600 bougies.

L'éclairage public serait journalier; il commencerait une demi-heure après le coucher du soleil et ne finirait, au plus tôt, qu'une demi-heure avant son lever.

M. Stutzmann prendrait l'engagement de fournir ou te l'énergie électrique qui lui serait demandée au prix maximum de 250 fr le cheval-vapeur.

Divonnes-les-Bains et plusieurs autres communes auraient la lumière et la force électrique à leur disposition.

— **Madrid**. — La Compagnie du gaz de Madrid a présenté au conseil municipal un projet pour l'éclairage électrique de la ville.

— **Murcie (Espagne)**. — L'éclairage électrique est fourni par la Société Lebon et Cie. Le matériel employé provient de Belgique. Cette usine possède 3 moteurs de 80 chevaux. O. N. C. E.

— **Palestine**. — Trois établissements seuls comportent en Palestine l'éclairage électrique. Ce sont : à Jérusalem, l'hôtellerie de Notre-Dame de France, des Pères Assomptionnistes; le moulin à farine, dit « The New Mill »;

A Richon, non loin de Jaffa, la cave de la colonie israélite de ce nom.

Les difficultés, soulevées par l'autorité locale, sont avec l'absence de grandes entreprises les causes qui empêcheront de longtemps encore le développement de l'industrie électrique dans cette contrée. O. N. C. E.

— **Penafiel (Espagne)**. — On inaugurera prochainement l'éclairage électrique à Penafiel.

Compagnie française des câbles télégraphiques. — Les obligataires de la Compagnie sont informés qu'il a été procédé au 5e tirage semestriel des obligations 5 p. 100, 2e série, le samedi 19 novembre, à 3 heures, au siège social, 38, avenue de l'Opéra.

Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. — Les actionnaires

anciens et nouveaux de la Compagnie sont convoqués en assemblée générale extraordinaire constitutive, pour le vendredi 2 décembre 1898, à 10 heures et demie du matin, à Paris, 8, rue d'Athènes, salle de la Société des agriculteurs de France, à l'effet de :

1° Vérifier et reconnaître, s'il y a lieu, la sincérité et la déclaration faite par le président du conseil d'administration, de la souscription des 30000 actions de 500 fr chacune, représentant l'augmentation du capital de 15 000 000 de francs, autorisée par l'assemblée générale extraordinaire du 22 octobre 1898, et du versement en espèces du quart sur chacune de ces actions;

2° Modifier, par suite de l'augmentation du capital, la rédaction des articles 6 et 8 des statuts et tous autres qu'il y aurait lieu;

3° Approuver les statuts de la Société, approuver et ratifier la délibération de l'assemblée générale extraordinaire du 22 octobre 1898, et déclarer la Société définitivement constituée au capital de 40 000 000 de francs;

4° Confirmer les pouvoirs conférés aux commissaires chargés de faire le rapport sur les comptes de l'exercice 1898 et sur la situation de la Société.

Les actionnaires anciens sont invités à déposer leurs titres avant le 23 novembre 1898, contre lesquels il leur sera délivré un récépissé.

Les titulaires d'actions nominatives sont dispensés de ce dépôt.

Compagnie générale de traction. — Les obligataires de la Compagnie sont informés que le second tirage semestriel de 222 obligations sur l'émission de 25 000 obligations 4 p. 100 du 27 novembre 1897 aura lieu au siège social, 24, boulevard des Capucines, le jeudi 1er décembre 1898, à 3 heures de l'après-midi.

Compagnie Générale des Lampes à incandescence. — Les actionnaires se sont réunis le 15 septembre dernier en assemblée générale extraordinaire.

Après avoir entendu les explications du Conseil, ils ont approuvé la dissolution de la Société et nommé liquidateurs avec les pouvoirs les plus étendus les membres composant le Conseil d'administration, MM. Ch. Herbault, N. Herbault et P. Azaria.

Société anonyme d'éclairage électrique du secteur de la place Clichy. — L'assemblée générale ordinaire du 27 octobre 1898 de la Société du secteur de la place Clichy, au capital de 6 000 000 de francs, a décidé de distribuer pour l'exercice 1897-1898, 5 p. 100 de dividende sous déduction des impôts de finance, soit :

23 francs par action au porteur;
24 francs par action au nominatif.

Ce dividende sera payable à partir du 1er décembre prochain et sur présentation du coupon no 7.

Adjudications, avis, offres et demandes.

Les informations marquées (O. N. C. E.) sont des communications de l'Office national du Commerce extérieur.

(*S'adresser pour tous renseignements complémentaires au siège de l'Office*, 3, *rue Feydeau*.)

— **Paris**. — Une grande usine électrique de premier ordre cherche un représentant actif et connu pour la vente de ses produits en France et pour les colonies françaises.

Prière d'adresser les offres et références par écrit à M. Paul Uckermann, 5, cité Trévise à Paris.

— **Paris**. — Le 6 décembre 1898, à 11 heures du matin, il sera procédé, rue de Grenelle, no 103, à l'adjudication publique d'une fourniture de matériel divisée en 5 lots, savoir :

1er Lot. — 80 kilomètres d'âme de câble sous-marin.
2e Lot. — 30,000 kilogrammes de fil de fer ordinaire de 5 mm, galvanisé.
3e Lot. — 50,000 kilogrammes de fil de fer ordinaire de 8 mm, galvanisé.
4e Lot. — 50,000 kilogrammes de fil de fer ordinaire de 8 mm, galvanisé.
5e Lot. — 13,338 m² de toile de jute goudronnée.

Les demandes d'admission à l'adjudication devront être parvenues au sous-secrétariat d'Etat des postes et télégraphes le 26 novembre 1898 au plus tard.

On pourra prendre connaissance du cahier des charges, rue de Grenelle, no 103 (division du matériel et de l'exploitation électrique, 4e bureau), tous les jours non fériés de 10 heures à 4 heures, ainsi que dans les bureaux télégraphiques des chefs-lieux de département.

— **Vancouver (Colombie britannique)**. — Les constructeurs français de matériel électrique seront toujours distancés dans ce pays, en raison de leur éloignement, par leurs concurrents plus rapprochés. Une seule branche leur est peut-être ouverte : celle des moteurs électriques destinés à l'exploitation des mines encore peu en usage en ce pays. Mais pour avoir quelque chance de succès dans cette direction nos compatriotes devraient envoyer sur place un ingénieur compétent qui visiterait les mines et serait muni de pouvoirs suffisants pour traiter, sans qu'il soit besoin d'en référer à Paris, avec les propriétaires de ces exploitations. Il n'y a que la sollicitation directe qui puisse réussir. (O. N. C. E.)

OUVRAGES REÇUS

Il est donné un compte rendu bibliographique de tout ouvrage dont **deux** *exemplaires sont donnés à la Rédaction.*

Bibliographie des Sciences et de l'Industrie (Revue mensuelle). *Veuve Ch. Dunod*, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins.

Sous ce titre vient de paraitre le premier numéro d'une revue destinée à faire connaître, à la fin de chaque mois, les titres de tous les nouveaux livres et le sommaire des journaux relatifs aux sciences, à l'art de l'ingénieur et à l'industrie.

Elle sera envoyée gratuitement à toutes les personnes qui en feront la demande à la librairie éditrice.

Ampèremètres et Voltmètres électromagnétiques Hartmann et Braun. Une brochure, 20 pages.

Outre les ampèremètres et voltmètres thermiques dans la construction desquels elle s'est fait une place prépondérante, la maison Hartmann et Braun construit également des voltmètres et ampèremètres électromagnétiques industriels. Ce sont les descriptions et prix de ces appareils qui sont donnés dans ce catalogue, édité avec beaucoup de luxe, en français, par M. Richard. Ch. Heller, représentant de la maison de construction.

Note sur le transformateur à haute tension Wydts-Rochefort. Une brochure de 16 pages, illustrée. Par Octave Rochefort, 4, rue Capron.

Dans cet opuscule l'auteur décrit le transformateur dont une description a déjà été donnée dans *L'Éclairage électrique*, ainsi que les interrupteurs présentés à la dernière séance de la Société de physique. Les prix de ces divers appareils sont indiqués à la suite de ces descriptions.

Science Abstracts, 11e fascicule du tome I. *F. et F.-N Spon*, 125, Strand, London. Prix, 3 shellings.

Le fascicule de cette intéressante et utile publication ne contient pas moins de 105 analyses partielles publiées récemment dans les principaux périodiques ; ceux relatifs à l'électricité, appliquée aussi bien que théorique, sont les plus nombreux.

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, 58 bis, *rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.*

279 148. **Deri.** 23 juin 1898. — Procédé d'excitation combinée des inducteurs par courant continu et courant alternatif pour électromoteurs et générateurs appropriés aux deux sortes de courants.

279 193. **Siemens et Halske Aktien-Gesellschaft.** 25 juin 1898. — Dispositions pour empêcher l'échauffement des machines dynamo-électriques.

279 235. **Jahncke.** 27 juin 1898. — Batterie électrique à courant constant.

279 277. **Lamme.** 28 juin 1898. — Perfectionnement au réglage de la force électromotrice de transformateurs rotatifs à courant continu.

279 279. **Belfield.** 28 juin 1898. — Perfectionnement aux systèmes de distribution électrique.

NOUVELLES

Syndicat professionnel des industries électriques. (*Séance du 8 novembre.*) — La séance est ouverte à 5 h. 35 sous la présidence de M. Sartiaux.

Sont présents : MM. Arnoux, Azaria, Bancelin, Bardon, Boistel, Cance, Chaussenot, Eschwège, Geoffroy, Harlé, Hillairet, F. Meyer, Radiguet, Roux, Sartiaux. — Se sont excusés : MM. Ebel, Ducretet, Mildé, Portevin, Tricoche, Vivarez.

Sont admis comme membres adhérents : MM. Maréchal (Henri) et Klostermann (Frédéric). — Est acceptée la démission de MM. Blandin (J.), Tissot (Jules), Rougerie (A.) qui ont cessé de s'occuper de travaux d'électricité.

La chambre s'occupe du *Bureau de contrôle* : l'un des directeurs des secteurs parisiens ayant formulé quelques plaintes contre le fonctionnement de ce bureau, M. F. Meyer, directeur du secteur Edison et M. Eschwège, directeur du secteur de la Société d'Eclairage et de Force, déclarent qu'ils en ont toujours été satisfaits. La chambre, sur la proposition de M. Harlé, charge son président de faire une démarche auprès des directeurs de secteurs en vue d'arriver à une entente et d'aboutir à un *modus vivendi* capable de donner satisfaction aux intérêts en cause. — La chambre ajourne au mois de janvier l'examen des comptes du bureau. — Elle renvoie à une commission, composée de MM. Suama, F. Meyer, Clémançon et Eschwège, l'examen des propositions faites par M. Roux, directeur du bureau de contrôle, et tendant à : 1° modifier les tarifs des vérifications ; 2° joindre aux opérations actuelles la vérification des installations en cours d'exécution ; 3° obtenir l'autorisation de vérifier des mémoires.

Le président rend compte de l'entrevue et de l'entretien qu'il a eus avec M. Guillain, député, au sujet du *Projet de loi sur les distributions d'énergie*, qui doit être prochainement mis à l'ordre du jour de la Chambre des députés. Il donne connaissance de la lettre qu'il a écrite à M. Guillain et dans laquelle il demande quelques modifications de détail au texte du projet et proteste contre les amendements à ce projet déposés, devant l'ancienne Chambre, par M. H. Blanc, député de la Haute-Loire. L'un des amendements propose d'ajouter à l'article VI « après enquête et avis des conseils généraux et conseils municipaux intéressés » ; l'autre, relatif à l'article IX, a pour but de faire régler les indemnités par le petit jury. La chambre syndicale estime que l'obligation de prendre avis du conseil général ne peut avoir d'autre effet que de créer une nouvelle cause de retard, les conseils généraux ne se réunissant que deux fois par an ; elle pense que la juridiction du conseil de préfecture est de beaucoup préférable à celle du jury, cette dernière étant sans appel et ne présentant pas en matière électrique la compétence et l'indépendance de la première.

Le président donne connaissance d'une lettre qu'il a, de concert avec le président de la chambre syndicale des mécaniciens, adressée au ministre des travaux publics en vue d'obtenir que le cahier des charges des tramways et des chemins de fer électriques renferme l'*obligation de n'employer que du matériel construit en France.*

Sur la proposition de M. Sartiaux, la chambre nomme une commission composée de MM. Arnoux, Cance, Charpentier, Eschwège, Harlé, Hillairet et Roux, chargée de remettre au point, suivant les nécessités actuelles, les *instructions techniques pour l'exécution des installations électriques intérieures* qu'elle a fait paraître en 1892.

Le président donne connaissance d'une lettre qu'il a adressée aux constructeurs électriciens qui désireraient participer à l'installation de *groupes électrogènes de l'Exposition de 1900*, et qui cependant ne peuvent réaliser une installation d'une puissance de 1 000 chevaux, comme l'exige le règlement. La chambre syndicale leur propose de se grouper de manière à réaliser la puissance réglementaire de 1 000 chevaux et de constituer ainsi un consortium dont la cham-

bre serait seule responsable vis-à-vis de l'administration.

La chambre examine quelques autres affaires : 1° elle décide l'impression d'une brochure reproduisant la loi de 1895 sur l'*établissement des conducteurs d'énergie électrique*, ainsi que la *circulaire ministérielle de l'instruction technique*, publiées récemment dans ce journal, se rapportant à cette loi ; 2° elle vote un crédit de 300 fr pour contribuer à l'achat d'une concession à perpétuité et élever un modeste monument à la mémoire de Gaulard ; 3° elle charge M. Harlé de s'entretenir avec le préfet de police au sujet de l'ordonnance récente prise par la préfecture de police sur l'emploi de la lumière électrique dans les théâtres, cafés-concerts et autres salles de divertissements publics, ordonnance prise sans que ni les personnes compétentes, ni les intéressés aient été consultés ; 4° elle prend connaissance d'une lettre adressée par son président au préfet des Basses-Pyrénées lui demandant de faire insérer dans le cahier des charges du tramway à traction électrique projeté pour la ville de Pau un article obligeant le concessionnaire à ne faire usage que de matériel de construction française.

La séance est levée à 7 heures.

Collège de France (cours). — Les cours du premier semestre ouvriront le lundi 5 décembre. Voici les questions qui seront exposées dans les cours de mécanique, de physique et de chimie :

Mécanique analytique et mécanique céleste. — M. Maurice Lévy, membre de l'Institut, professeur. M. Hadamard, suppléant, traitera de la *Mécanique des fluides*, les mercredis et samedis, à 10 heures et demie.

Physique générale et mathématique. — M. Bertrand, membre de l'Institut, professeur. M. Marcel Deprez, membre de l'Institut, suppléant, traitera de l'*Electricité et du Magnétisme ainsi que de la mesure des grandeurs électriques*, les mardis et les vendredis, à 5 heures.

Physique générale et expérimentale. — M. Mascart, membre de l'Institut, professeur. M. Brillouin, remplaçant, étudiera les *Propriétés générales des fluides*, les mardis et samedis, à 10 heures et demie.

Chimie générale. — M. Le Chatelier exposera la *Théorie des Equilibres chimiques* du professeur J.-W. Gibbs, les lundis, à 3 heures ; il étudiera, les mardis à la même heure, les *Mesures des températures élevées et les phénomènes de dissociation.*

Chimie organique. — M. Berthelot, membre de l'Institut, professeur. M. Matignon, remplaçant, traitera de la *Thermochimie et de ses applications à la chimie générale et organique*, les lundis et vendredis, à 10 heures et demie.

Les voitures électriques de la gare Saint-Lazare. — La Compagnie des chemins de fer de l'Ouest vient d'élaborer un projet tendant à remplacer les petits fiacres à deux chevaux par des voitures électriques à accumulateurs. La gare Saint-Lazare, disposant d'une usine dont toute la production est disponible pendant la plus grande partie de la journée, surtout en été, la Compagnie de l'Ouest a pensé qu'elle pourrait utiliser cette usine pour charger ses fiacres.

Les constructeurs d'automobiles peuvent soumettre leurs projets à la Compagnie. La voiture devra pouvoir transporter quatre voyageurs et 150 kg de bagages et pouvoir fournir un parcours minimum de 50 km par jour.

Les différents types seront pris à l'essai pendant six mois, moyennant une redevance journalière à débattre ; au bout de cette période, la Compagnie fera un choix dans les différents types et achètera à un prix fixé dès le jour de la première entente les voitures qui auront fourni le meilleur résultat.

Les voitures spéciales du réseau de tramways de Brooklyn. — Le numéro de novembre du *Street Railway Journal* de New-York contient les descriptions et les photographies de diverses voitures spéciales du réseau qui ne comprend pas moins de 240 km de voies.

L'une des photographies représente la voiture du surintendant. Cette voiture contient un bureau, une table à dessiner et quelques fauteuils. Le surintendant y passe la plus grande partie de la journée dans ses tournées d'inspection ; ce temps est employé à vérifier les comptes, à dresser ou remanier les horaires, etc.

Une autre nous montre une voiture fort luxueuse destinée à un haut fonctionnaire de la Compagnie. Elle présente cette particularité qu'au-dessous du truck se trouve un chevalet mobile au moyen duquel on peut soulever la voiture que l'on peut alors faire tourner autour d'un axe vertical porté par le chevalet. Ce dispositif est utilisé pour faire passer la voiture d'une voie sur une autre qui croise la première et qui ne lui est pas raccordée. On amène la voiture au-dessus du croisement ; on soulève la voiture ; on la fait tourner de l'angle voulu et on l'abaisse ensuite.

Parmi les voitures de service que représentent ces photographies, on remarque une voiture pour la pose des conducteurs aériens et une voiture pour le transport des rails de 18 m de longueur. La première porte une tour dont la plate-forme peut être élevée ou abaissée, elle dépasse à peine le niveau du toit de la voiture. A l'intérieur se trouvent tous les outils nécessaires à la construction d'une ligne et aux réparations urgentes. Pour la pose d'un nouveau fil de trôlet, ce fil, enroulé sur une bobine isolée placée à l'intérieur de la voiture, est fixé au

poteau terminus et mis en communication avec le conducteur d'alimentation. Le courant qui le traverse alors sert à faire mouvoir le wagon jusqu'au poteau suivant où le fil est fixé. De cette façon on peut effectuer le remplacement de 1 km de vieux fil par du fil neuf en 12 minutes environ.

La voiture pour le transport des longs rails est un wagon plate-forme de 12, 2 m de longueur montée sur deux trucks à bogies. Deux voitures motrices son employées pour entrainer ce wagon ; l'une le tire, l'autre le pousse.

Les photographies nous montrent encore une des 250 voitures transformables que possède la Compagnie. Elle est construite sur le même plan qu'une voiture ouverte ordinaire à 10 bancs transversaux pouvant recevoir 5 personnes chacun et disposés par paires dos à dos. Pendant l'été les quatre passages transversaux que les bancs sont ouverts et les voyageurs peuvent monter et descendre latéralement. Pendant l'hiver ces passages sont fermés par des panneaux et des glaces, et la montée ou la descente des voyageurs s'effectuent par les extrémités du véhicule.

La traction électrique en Hongrie. — La direction des chemins de fer de l'Etat hongrois se propose d'introduire bientôt, à titre d'essai, la traction électrique sur la voie ferrée, longue de 58 km, qui relie les villes d'Arad et de Temesvar. Les trains circuleront à intervalles très rapprochés, et les résultats techniques et financiers qu'on obtiendra serviront de base à l'établissement de nouvelles lignes de railways électriques en Hongrie. La voie ferrée Arad-Temaevar a été choisie pour cette très intéressante expérience, parce qu'elle sert de trait d'union entre deux grandes villes commerçantes, qu'elle traverse une des régions les plus riches du royaume, et qu'on peut, en conséquence, s'attendre à un mouvement considérable de voyageurs et de marchandises.

Le chemin de fer électrique de Tarbes à Bagnères (Hautes-Pyrénées). — On nous informe qu'un ingénieur qui s'est fixé dans le département s'occupe très activement de l'établissement d'un train électrique reliant Tarbes à Bagnères. Le tracé a été étudié. — Les villages traversés seraient, par les soins du même industriel, éclairés à l'électricité. La ville de Tarbes a même été déjà saisie de l'affaire.

Un nouvel isolant électrique. — Les inventeurs sont à la recherche d'un isolant électrique pouvant remplacer la gutta-percha ; le problème n'est point aisé à résoudre. Voici une nouvelle formule récemment brevetée par M. Geutzch et qui a pour base l'emploi de matières résineuses.

Il chauffe plusieurs de ces matières, par exemple ozokérite, ambre, asphalte, dans une cornue et à la température de 400°, de manière à mettre en liberté les produits gazeux volatiles et condensables. C'est le résidu qu'il emploie. Ce résidu est noirâtre et a la consistance de la cire ou de la résine desséchée ; il en recouvre des câbles, soit en l'utilisant seul, soit en le mélangeant de gutta-percha, de poudres minérales ou de soufre. La matière obtenue a suffisamment de plasticité pour ne point se fendiller quand le câble qu'elle recouvre vient à se plier ou à se tordre. La meilleure proportion à observer dans la fabrication serait de 50 parties d'ozokérite, 45 d'ambre jaune et 5 d'asphalte.

Carbure de calcium, tarif spécial. — Suivant la décision du comité prise dans sa dernière séance, le bureau de la chambre syndicale des négociants-commissionnaires et du commerce extérieur a adressé, le 6 septembre, au ministre des travaux publics, la lettre suivante de M. Gabriel Fermé, auquel avait été confiée l'étude de la question :

Monsieur le Ministre,

Nous prenons la liberté d'appeler votre attention sur la situation désavantageuse qui est faite au carbure de calcium de fabrication française, par suite du prix élevé du transport par voie ferrée, situation qui rend presque impossible l'exportation du produit français.

En effet, les usines qui doivent être à proximité des chutes d'eau sont établies dans les Alpes ; or, le carbure de cal-

cium, qui est classé dans la troisième catégorie, paie le tarif de la première série avec majoration de 10 p. 100, c'est-à-dire pour les trajets suivants :

De Séchilienne (par exemple).

à Marseille, la tonne	fr	54 »
à Bordeaux,	—	125 40
au Havre,	—	155 30
à Dunkerque,	—	154 98
à Anvers,	—	132 98

La valeur du carbure étant à l'usine de 375 à 400 fr la tonne, on voit de suite dans quelle proportion sa valeur au port se trouve majorée.

Or, les tarifs appliqués à l'étranger sont beaucoup plus modérés.

Pour s'en convaincre, il suffit de considérer que de France même (de Séchilienne) à Anvers, en empruntant les voies suisse, allemande et belge, le transport n'est plus que de 94 fr 35 (au lieu de 132 fr 98) la tonne.

Mais la concurrence du continent européen n'est pas seule à envisager : l'Amérique du Nord est aussi une forte productrice de carbure de calcium et ses usines établies aux chutes du Niagara peuvent rendre leurs produits au Havre, port par fer et fret compris, à environ 400 fr la tonne, c'est-à-dire à un prix peu supérieur à celui du produit pris en Savoie.

D'autre part, une conséquence très regrettable de la classification admise par la Compagnie de chemins de fer français a été d'effrayer les Compagnies de navigation qui, à peu près toutes (les Chargeurs-Réunis excepté), refusent ce produit ou ne le prennent qu'à un taux excessif, tandis que les navires étrangers nous l'apportent sans difficulté à un fret régulier.

L'effet déplorable de cette tarification exagérée se manifeste d'une façon frappante dans nos rapports avec la Russie, où cependant des appareils à acétylène de fabrication française ont été introduits et où la demande de carbure de calcium commence à se développer. Or, par voie terrestre, vers la Russie du Nord, le carbure se trouve augmenté de 50 p. 100 et par voie maritime le transport est à peu près impossible, les Messageries maritimes se refusant catégoriquement à charger ce produit de Marseille à Odessa ou autre port russe.

Dans ces conditions, l'exportation du carbure de calcium français est à peu près paralysée.

Nous espérons donc Monsieur le Ministre, que vous voudrez bien faire examiner cette question dans le sens d'un abaissement de tarif.

Veuillez agréer, etc.,

G. Fermé, J. Stetten.

Traction électrique. — **Bône (Algérie).** — Le conseil municipal de Bône se préoccupe sérieusement de doter la coquette cité bônoise d'un moyen de locomotion en rapport avec l'importance de cette ville.

Une adjudication restreinte aura lieu prochainement, pour le choix définitif du concessionnaire d'un réseau de tramways électriques urbain et suburbain à installer dans cette ville, entre : 1° la Compagnie générale de traction et d'électricité, Paris ; 2° la Compagnie nouvelle d'électricité, Paris ; 3° M. Claude Nony, industriel, à Villeurbanne ; 4° MM. Lombard Gérin et Cie, à Lyon ; 5° MM. Berger frères, Lyon ; 6° M. le commandant Emilien Foulc, Paris ; 7° M. Emile Pichon, ingénieur civil, Paris.

La commune offre de céder au concessionnaire, pour l'installation de l'usine électrique, une superficie de 2800 m superficiels environ avec les immeubles qui y existent.

Cette cession serait faite, moyennant le prix de 60 000 fr. L'acceptation de cette offre est entièrement facultative pour les concurrents. Elle n'a pour objet que de faciliter, le cas échéant, l'installation de l'usine électrique et l'acceptation ou le refus ne seront pas pris en considération dans l'adjudication.

La commune de Bône invite, en outre, les concurrents à faire connaître quelle subvention totale annuelle ils demanderaient pour installer et exploiter un service d'automobiles ou de tout autre moyen mécanique de communication entre Bône et Bugeaud, service pour voyageurs et pour marchandises.

Cette deuxième affaire est considérée comme entièrement distincte de la première.

La commune se réserve, d'ailleurs, de traiter à part pour cette affaire, le cas échéant, et seulement si des propositions suffisamment avantageuses lui sont faites.

— **Lyon.** — Le maire vient de présenter au conseil municipal un rapport favorable à la substitution de la traction électrique à la traction mécanique sur la ligne de tramways de la rue Casimir-Perier à la gare des Brotteaux et au parc de la Tête d'Or.

— **Madrid.** — La Compania del ferro carril Metropolitano de Madrid, concessionnaire des lignes de la rue de Ferraz, la rue Pinar, la promenade de Castellana, la rue Lagasca, rue de Hermosilla, la porte de Atocha, la rue de Gil y Mon, pont de San Vicente, à la rue de Ferraz, a sollicité l'autorisation d'établir sur son réseau la traction électrique.

La Société « les Tramways Réunis de Bruxelles » a acquis la propriété des lignes qu'exploitait la Compania de tranvias del Este de Madrid depuis le 15 novembre dernier et a l'intention de commencer

très promptement les travaux pour substituer la traction électrique à la traction animale.

— **Marseille**. — Nous avons déjà dit que l'ensemble des lignes de tramways à Marseille comprendra un développement de 164,427 km.

Marseille sera assurément la ville la mieux dotée au point de vue de la locomotion à bon marché. (*Supp*., t. XVI, p. LXXXVI). Le réseau transformé nécessitera un service d'environ 328 voitures automotrices et de 175 voitures remorques. En tenant compte de la réserve nécessaire des services supplémentaires, des voitures de remorque d'hiver et d'été, etc., le matériel roulant comprendra un total de 400 voitures automotrices et 300 voitures de remorque. Or, le matériel actuel ne comporte que 350 véhicules. Pour le remisage de ces voitures des dépôts-remises sont créés : aux Chartreux (150 voitures). Castelane (60), Bonneveine (160), Catalans (80), Capelette (100), Arenc (200).

La longueur totale des nouvelles voitures sera de 8 m et elles comporteront 21 places assises et 26 places debout.

La distribution d'énergie se fera au moyen d'une usine centrale située à Saint-Giniez et produisant des courants triphasés à haute tension qui seront envoyés par des câbles souterrains à des sous-stations de transformation situées à Castellane, au Lazaret, aux allées de Meilhan et à Longchamp. Ces sous-stations alimenteront le réseau des fils aériens.

Pour l'application des tarifs, le réseau sera divisé en trois zones à 10, 15 et 20 centimes, ainsi qu'il suit :

La *première zone* sera limitée :

A l'Oriol, sur la ligne de la Corniche ; à Saint-Giniez, sur la ligne du Prado ; au Rond-Point du Prado, sur la ligne de Mazargues ; au Pont-de-Vivaux, sur la ligne de Saint-Marcel ; à Saint-Just inclus, sur la ligne de la Croix-Rouge ; au boulevard Oddo, sur la ligne de Saint-Louis ; à la Madrague, sur la ligne de l'Estaque.

La *deuxième zone* partira des limites de la première et s'arrêtera :

A la Vieille-Chapelle, sur les lignes de Montredon et de la Corniche ; à Mazargues, sur la ligne de Mazargues ; à Valbarelle, sur la ligne de Saint-Marcel ; à La Rose, sur la ligne de la Croix-Rouge ; à Saint-Louis, sur la ligne de Saint-Louis ; à Saint-Henri, sur la ligne de l'Estaque.

La *troisième zone* partira des limites de la précédente et ira jusqu'à l'extrémité des lignes.

A l'intérieur et jusqu'à la limite de chaque zone, le tarif sera uniformément de 10 centimes par ligne et par voyageur ; pour parcourir tout ou partie de deux zones, le tarif sera de 15 centimes et de 20 centimes pour voyager successivement dans les trois zones. Des trains ouvriers avec tarif uniforme de 20 centimes, aller et retour, seront établis sur toutes les lignes.

Cependant, les tarifs précédents seront tous uniformément basés à 10 centimes les jours ordinaires de la semaine dès que la transformation du réseau actuel sera complète et que les lignes faisant l'objet de la convention du 30 octobre 1897 et du 15 février 1898 seront mises en exploitation et au plus tard le 1er janvier 1900. En attendant, les tarifs de 10, 15 et 20 centimes seront appliqués sur chaque ligne du réseau actuel et sur celles de la convention du 30 octobre 1897 dès qu'elles seront ouvertes à la traction électrique. Les tarifs de 10, 15 et 20 centimes seront appliqués sur la ligne de Saint-Louis à partir du 1er mai 1899. Ces tarifs resteront les dimanches et jours fériés tels qu'ils ont été fixés par les conventions, mais ils seront également

abaissés à 10 centimes pour les dimanches et jours fériés à partir du 1er mars qui suivra l'année dans laquelle la recette brute aura atteint 7 millions sur l'ensemble des lignes quelconques de tramways qui seraient exploitées par la compagnie sur le territoire de la commune de Marseille. Une fois abaissés, ces tarifs ne pourront être relevés, même si la recette brute totale descendait au-dessous de 7 millions.

— **Reims.** — M. Pozzi vient de déposer son rapport sur le système à adopter pour la prise de courant des tramways électriques. Il conclut à l'adoption de trôlet à roulette avec support vertical.

— **Rochefort.** — Les travaux de construction de la ligne des tramways électriques projetée de Rochefort à Charente ne tarderont pas à être entrepris par le concessionnaire, l'ingénieur des ponts et chaussées ayant fait un rapport favorable.

Éclairage électrique. — **Bourg-de-Thizy.** — Le conseil municipal dans une de ses dernières séances a décidé d'installer l'éclairage électrique à Bourg-de-Thizy; on espère que l'année prochaine l'éclairage fonctionnera. Les ingénieurs qui voudraient s'occuper de cette entreprise sont priés de vouloir bien demander des renseignements à M. Martin-Morel, maire de Bourg-de-Thizy.

— **Senonnes (Vosges).** — Une compagnie d'électricité vient de s'établir à Senonnes, au capital de 50 000 fr, en vue de l'éclairage électrique de la ville et d'autres applications de l'électricité.

Compagnie de Gaz et d'Électricité de Melun. *Constitution.* — Suivant acte reçu par Me Auberg et Me Feron, tous deux notaires à Melun, le vingt-deux mars mil huit cent quatre-vingt-dix-huit : 1° M. Charles-Louis Foucart, industriel, demeurant à Paris, no 58, rue du Rocher; 2° M. Victor-Charles-Léon Foucart, ingénieur civil, demeurant à Paris, mêmes rue et numéro; ayant agi tant en son nom personnel qu'au nom et comme mandataire spécial de Mme Jeanne-Louise-Amélie Foucart, épouse de M. Alexandre-Jean-Albert Lavignac, professeur au Conservatoire de musique, chevalier de la Légion d'honneur, avec lequel elle demeure, no 58, rue du Rocher; 3° et M. Louis-Alfred Gaget, banquier, ancien président du Tribunal de commerce de Melun, demeurant à Melun, no 25, rue du Château; ont établi les statuts d'une Société anonyme, desquels statuts il a été extrait ce qui suit :

Il est formé par le présent acte une Société anonyme dans les termes de la loi du vingt-quatre juillet mil huit cent soixante-sept, modifiée par la loi du premier août mil huit cent quatre-vingt-treize, entre M. Charles Foucart, Mme Lavignac, M. Léon Foucart, M. Gaget et toutes les personnes qui adhéreront aux présents statuts et aux modifications qui pourraient y être apportées en devenant propriétaires des actions de cette Société, créées ci-après, et de celles qui pourraient être créées par la suite.

La Société a pour objet l'exploitation de l'usine à gaz et de l'usine électrique de Melun et de tout ce qui peut s'y rattacher. L'entreprise de l'éclairage et du chauffage par le gaz, par l'électricité ou par tout autre moyen résultant d'inventions nouvelles; de la distribution de l'eau et de l'air comprimé dans les villes, communes, établissements publics ou particuliers situés en France ou à l'étranger, la création, l'acquisition et l'exploitation directe ou par amodiation d'usines pour ces industries. La distribution de la force motrice et toutes ses applications nouvelles, tant pour les services publics que pour les usages domestiques ou industriels. La transformation et la

vente de toutes les matières premières et de tous produits provenant de la fabrication. La participation à toutes entreprises d'éclairage, l'emploi de tous produits, dans lesquelles la Société jugerait convenable de prendre un intérêt. L'achat et la mise en œuvre de brevets se rattachant aux objets ci-dessus indiqués.

Le siège social de la Société est fixé à Paris, rue du Rocher, 58.

La durée de la Société est fixée à cinquante ans à partir du jour de sa constitution définitive.

Le fonds social est fixé à la somme de un million sept cent mille francs représenté par trois mille quatre cents actions de cinq cents francs chacune.

Sur ces trois mille quatre cents actions, trois mille deux cents actions entièrement libérées sont attribuées à M. Charles Foucart, Mme Lavignac, M. Léon Foucart et M. Gaget, dans les proportions fixées aux présents statuts.

Les deux cents autres actions ont été entièrement souscrites et libérées intégralement, soit au total 100 000 fr.

Sur les bénéfices nets, il est prélevé : 1° cinq pour cent pour constituer la réserve légale jusqu'à ce qu'elle ait atteint le dixième du capital social ; 2° la somme nécessaire pour payer cinq pour cent du montant libéré des actions à titre de premier dividende pour tenir lieu d'intérêts. Le surplus sera réparti ainsi qu'il suit : dix pour cent au conseil d'administration pour être partagé par portions égales entre ses membres, et quatre-vingt-dix pour cent aux actionnaires. Toutefois sur ces quatre-vingt-dix pour cent, l'assemblée générale pourra, sur la proposition du conseil d'administration, décider le prélèvement, avant toute distribution, d'une somme destinée à la création d'un fonds de prévoyance dont elle déterminera le montant qui pourra atteindre le cinquième du capital social et dont les applications seront fixées par le conseil d'administration.

Sont nommés administrateurs : MM. Alfred Gaget; Gabriel Chanson ; Alfred Deschars ; Anatole Foiret ; Charles Foucart ; Léon Foucart.

Adjudications, avis, offres et demandes.

Les informations marquées (O. N. C. E.) sont des communications de l'Office national du Commerce extérieur.

(*S'adresser pour tous renseignements complémentaires au siège de l'Office*, 3, *rue Feydeau*.)

— **Allemagne.** — Nous lisons dans le dernier bulletin du *Syndicat professionnel des industries électriques* : « Notre consul à Nuremberg pense qu'étant données les exigences excessives des maisons allemandes vis-à-vis des établissements publics ou privés (entre autres les Sociétés de tramways) qui s'adressent à elles, il serait possible aux industriels français de leur faire concurrence en Allemagne ; il cite la maison Fabius Henrion, de Nancy, qui a obtenu un certain nombre d'affaires.

« Notre consul a appris que des demandes avaient été faites à une maison Siemens et Halske par diverses municipalités. Il y aurait lieu de faire des propositions aux villes suivantes qui ont décidé de faire de l'éclairage électrique :

« Stuttgart, Marbach, Rixdorf (Saxe), Kiel, Karlsruhe, Ludwigshafen, Dresde, Cassel (agrandissement), Bergen, Cologne ;

« Et aux suivantes qui ont décidé l'établissement de tramways électriques :

« Augsbourg, Wurzbourg, Kœnigsberg, Turin (tramways souterrains), La Haye, Zarsköje-Sélo, Bialgslock, Lisbonne, Naples, Madrid (Los Viveros). »

— **Badalatosa (Espagne).** — La municipalité demande des soumissions pour la concession de l'éclairage électrique de la Badalatosa (Séville) pendant 20 ans.

— **Bucarest (Roumanie).** — Le service technique de la mairie de Bucarest a terminé les projets et plans d'un tramway de ceinture à traction électrique. L'entreprise des travaux sera prochainement donnée en adjudication.

O. N. C. E.

— **Calcutta (Inde anglaise).** — La municipalité de Calcutta a projeté l'établissement de tramways électriques.

O. N. C. E.

— **Chine.** — Notre consul signale l'éclairage électrique de Hong-tchéou et de Chang-cha (capitale de la province de Hon-nan). Le préfet de cette ville est en négociation avec la maison Mandl et Cie, représentant de Siemens et Halske, pour l'éclairage de cette ville; il pense qu'il y a peu de chances de succès en ce moment.

Mais il signale un groupe d'affaires intéressant pour la France; il pense que nos industriels auraient des chances de succès en s'adressant à : 1° la municipalité de Schanghaï; 2° la municipalité du Foreign Settlement (nous donnons quelques détails ci-dessous dans Shanghaï); 3° la Société des chemins de fer de Han-K'eou à Pékin; 4° la ville de Sontchéou près de Sanghaï est en pourparlers avec la maison Mandl, mais rien n'est encore conclu; 5° il est question de l'éclairage électrique pour les villes de Nankin, Han-K'eou et Pékin (entre autres pour l'usage des légations).

Il appelle l'attention des maisons françaises sur les affaires possibles à Han-K'eou, ville de 250 000 habitants, qui sera le terminus de la future ligne de chemins de fer sur Pékin. Cette ligne a été concédée à un consortium franco-belge.

Cette ville est appelée à un développement considérable.

Les sociétés françaises qui s'occupent de représentations industrielles dans ce pays et auxquelles on peut s'adresser sont :

La Société d'études industrielles et de travaux publics en Chine; siège social : 15, rue Richer, Paris; Olivier de Langenhagen et Cie, Shanghaï; Syndicat lyonnais dont le représentant à Shanghaï est M. Moninot.

— **Paris.** — Une grande usine électrique de premier ordre cherche un représentant actif et connu pour la vente de ses produits en France et pour les colonies françaises.

Prière d'adresser les offres et références par écrit à M. Paul Uckermann, 5, cité Trévise, à Paris.

— **Shanghaï.** — Le municipal council de Shanghaï demande des soumissions pour la construction d'un tramway électrique à trôlet dans les rues et la banlieue de Shanghaï, sous le contrôle municipal, pour

une période de 30, 40 ou 50 ans. Les soumissions rédigées en langue anglaise devront être adressées avant le 31 mars prochain à M. G.-O.-P. Bland, secrétaire de la municipalité du Foreign Settlement de Shanghaï.

Le conseil municipal demande aussi des soumissions pour 30 ans pour l'établissement d'un réseau téléphonique.

Les propositions devront aussi parvenir, avant le 31 mars, à M. G.-O.-P. Bland, secrétaire du Foreign Settlement.

Pour de plus amples informations, les demander à M. Charles Mayne, ingénieur municipal, Hankow Road Shanghaï (Chine). O. N. C. E.

— **Wichl** (**Allemagne**). — La municipalité demande des soumissions pour l'éclairage des rues de la ville par l'électricité ou l'acétylène.

BIBLIOGRAPHIE

La 590e livraison de la *Grande Encyclopédie*, qui vient de paraître cette semaine, termine la lettre M par le magistral article Mythologie, de M. E. Toutain. Cette magnifique publication commence la lettre N, et parmi les premiers articles de cette lettre citons : Nabonid, Nabuchodonosor, par M. J. Oppert, l'éminent assyriologue; Nain, traité au point de vue physiologique, ethnographique et mythologique, par MM. Laloy, Zaborowski et André Berthelot; Naissance, par M. E. Dramard; la monographie de Namur, par M. Eugène Hubert; celle de Nancy, avec de belles illustrations, par M. Emile Chantriot, etc., etc.

Envoi franco d'un spécimen de 16 pages contre toute demande affranchie adressée à la Société de la *Grande Encyclopédie*, 61, rue de Rennes, Paris.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES

AE	American Electrician (New-York).
A T	Annales télégraphiques.
B S E	Bulletin de la Société d'Encouragement.
D E L	Die Elektrizitæt (Leipzig);
E	Engineering (Londres).
E am	The Engineering and Mining Journal (New-York).
E C	L'Electrochimie.
E En	The Electrical Engineer (New-York).
El	The Electrician (Londres).
Elé	L'Electricien.
E Ls	L'Elettricista (Rome).
E M	The Engineering Magazine (New-York).
E R	Electrical Review (Londres).
E T R	Elektrotechnische Rundschau (Francfort-sur-Mein).
E T Z	Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin).
E W	The Electrical World (New-York).
Gc	Le Génie civil.
I C	Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.

Ie L'Industrie électrique.
I E C L'Industrie électrochimique.
I I Industries and Iron (Londres).
J EE Journal of the Institution of Electrical Engineers (New-York).
J P Journal de Physique.
J T Journal télégraphique (Berne).
N C Il Nuovo Cimento (Pise).
P C R Journal de la Société physico-chimique russe (Saint-Pétersbourg).
P M Philosophical Magazine (Londres).
P S L Proceedings of the Physical Society of London.
Rgds Revue générale des Sciences.
Ri Revue industrielle.
R L Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei (Rome).
R M Revue de mécanique.
R N Rendiconti dell'Accademia di Napoli.
S A Journal of the Society of Arts (Londres).
Sie Bulletin de la Société Internationale des Electriciens.
S R J Street Railway Journal (New-York et Chicago).
S S P Société française de physique.
T P Revue des Transports parisiens.
U E Bulletin des Usines électriques
Z E C Zeitschrift für Elektrochemie (Halle).
Z E T Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne).
W A Annalen der Physik und Chemie de G. et E. Wiedemann (Leipzig).

Théorie.

Courants produits par des forces électromotrices harmoniques dans des circuits en dérivation et des circuits voisins ; Thomas R. Lyle (El, p. 148, 25 novembre).
Action mutuelle de deux circuits ; application à la mesure des pouvoirs inducteurs ; J.-A. Erskine (W A, p. 269, n° 10).
Sur la variation du pouvoir inducteur spécifique des diélectriques ; U. Panichi (N C, p. 89, août).
Dérivation des courants plongés dans les électrolytes ; J. Stark (W A, p. 245, n° 10).
Contribution expérimentale à la théorie osmotique ; W. Nernst et E. Bose (Z E C, p. 233, 17 novembre).
Mesures électriques et thermiques sur les tubes à décharges ; E. Wiedemann et G.-C. Schmidt (W A, p. 304, n° 10).
Effet d'une fente sur les ondes hertziennes ; K. Waitz (W A, p. 308, n° 10).
Influence de l'épaisseur de la couche d'air sur la réflexion totale des radiations électriques ; J. Chunder Bose (El, p. 154, 25 novembre).
Influence des ondes électromagnétiques sur la conductibilité électrique du sélénium cristallisé ; B. Agostini (N C, p. 81, août).
Etude théorique et expérimentale des radioconducteurs ; E. Aschkinass (W A, p. 284, n° 10).
Recherches photographiques sur l'action produite par les ondes électriques dans les poudres métalliques ; R. Malagoli (N C, p. 109, août).
Application des rayons X à la radiographie ; O. Murani (N C, p. 112, août).
Sur la technique radiographique ; R. Malagoli et C. Bonacini (N C, p. 97, août).
Les rayons X dans l'armée ; H. Lyman-Sayen (E W, p. 467, 5 novembre).
Nouvelle méthode expérimentale pour l'étude de l'absorption de la lumière dans un champ magnétique ; A. Righi (N C, p. 102, août).
La théorie moderne du magnétisme ; H. du Bois (E T Z, p. 788, 24 novembre).

Génération et distribution.

Moteurs thermiques et hydrauliques. — L'utilisation des forces naturelles par l'électricité dans la région des grands lacs au Canada (Ri, p. 477, 26 novembre).
Le gaz Riché ; E. H. (Ie, p. 482, 10 novembre).
L'éclairage électrique et les destructeurs d'ordures de Shoreditch (E R, p. 735, 18 novembre).
Régulateur de machine à vapeur ; John Davidson (E R, p. 804, 25 novembre).
Réchauffeur, filtre et purgeur d'air pour chaudières, système Kincaid et Crockatt (Ri, p. 476, 26 novembre).
Étude sur le graissage des organes de machines ; E. Maglin (R M, p. 397, octobre).
Les pompes ; M. Masse (R M, p. 375, octobre).

Dynamos et moteurs électriques. — Générateurs électriques ; H.-F. Parshall et H.-M. Hobart (E, p. 643, 18 novembre).
Le champ magnétique d'une dynamobipolaire ; H. Hess (E T Z, p. 769, 17 novembre).
La mise en parallèle des dynamos shunts ; Arnold Philip (El, p. 161, 25 novembre).
Distribution du courant et réception de l'énergie dans les armatures en court circuit ; G. Rœssler (E T Z, p. 766, 17 novembre).
Le prix de vente des dynamos (E R, p. 734, 18 novembre).
Transformateur rotatif ; Sylvanus P. Thompson (E R, p. 735-759 et 803, 18 et 25 novembre ; I I, p. 403, 18 novembre ; El, p. 127, 18 novembre ; E, p. 661 et 695, 18 et 25 novembre ; El, p. 162, 25 novembre).
La théorie des transformateurs rotatifs ; Gisbert Kapp (El, p. 115 et 152, 18 et 25 novembre).
Convertisseurs rotatifs ; A.-E. Levin (E R, p. 775, 25 novembre).
Sur le freinage des moteurs d'induction à courants alternatifs simples ; Friedrich Eichberg (Z E T, p. 541, 13 novembre).

Piles et accumulateurs. — Théorie de l'accumulateur (E R, p. 762, 18 novembre).

Stations génératrices et installations. — L'usine municipale de Belfast (E W, p. 504, 12 novembre ; E R, p. 783, 25 novembre).

Distribution. — La transmission de l'énergie par l'électricité ; Georges Forbes (S A, p. 25, 25 novembre).
Sur le calcul de la capacité électrostatique des conducteurs aériens ; F. Breisig (E T Z, p. 772, 17 novembre).

Applications mécaniques.

Ascenseurs électriques (E R, p. 733, 18 novembre).
Régulateur électrique pour machines marines ; Georges Dary (Élé, p. 338, 19 novembre).
Appareil pour la manœuvre automatique des signaux à distance par les trains en marche ; Wilhelm Reich (Z E T, p. 556, 20 novembre).
Nouvelle disposition pour signal à sonnerie par courant d'induction (Z E T, p. 549, 13 novembre).
Les nouvelles grues électriques du port de Southampton (El, p. 123, 18 novembre).
Installations électriques dans une imprimerie modèle ; George A. Damon (E W, p. 499, 12 novembre).
L'emploi de l'énergie électrique dans les fonderies (El. p. 121, 18 novembre).
La transmission d'énergie par l'électricité dans les mines (E, p. 659, 18 novembre).

Traction.

Système de traction à contacts superficiels de S.-P. Thompson et M. Walker (E T Z, p. 790, 24 novembre).
Sur le freinage des moteurs d'induction dans le cas où les moteurs sont employés pour la traction ; Friedrich Eichberg (E T Z, p. 784, 24 novembre).
Locomotive électrique à grande vitesse de la Cie Paris-Lyon-Méditerranée ; Auvert (Ri, p. 468 et 473, 19 et 26 novembre).
La traction électrique à Lyon (Élé, p. 331, 19 novembre).
La ligne de tramways Bastille-Charenton ; Th. Botiaux (T P, p. 113, 15 novembre).
Transformation de la ligne Bastille-Charenton ; J. Reyval (Ie, p. 474, 10 novembre).
Tramways à accumulateurs de Francfort (Gc, p. 44, 19 novembre).
Les tramways électriques de la corporation de Liverpool (E R, p. 745, 18 novembre ; El, p. 19, 18 novembre).
Les tramways électriques de la corporation de Glasgow (El, p. 104, 18 novembre).
Le chemin de fer métropolitain élevé de Chicago (El, p. 110, 18 novembre).
Projet de chemin de fer électrique du Fayet à Chamonix et à la frontière suisse (Ri, p. 469, 19 novembre).
Quelques détails sur les appareils de traction électrique employés en Grande-Bretagne (El, p. 130, 18 novembre).
Considérations sur la traction électrique en Amérique (E R, p. 773, 25 novembre).
L'accident du tramway de Bradford (E R, p. 806, 25 novembre).
Le prix de revient de la traction par l'électricité à New-York (E, p. 655, 18 novembre).
Electromobiles (I I, p. 421 à 481, 25 novembre).
L'automobilisme en France et en Amérique ; H. Jarry (T P, p. 119, 15 novembre).
Les électromobiles du concours de fiacres de Paris (Z E T, p. 544, 13 novembre).
Le concours de fiacres de Paris (E W, p. 469, 5 novembre).
Electromobiles ; Joseph Appleton (E W, p. 468, 5 novembre).
Les électromobiles Columbia (E W, p. 483, 5 novembre).
Les électromobiles Riker (E W, p. 486, 5 novembre).
Les électromobiles de la General Electric Automobile Cy (E W, p. 488, 5 novembre).
La traction électrique sur les canaux (El, p. 128, 18 novembre).

Télégraphie et téléphonie.

Télégraphie hertzienne sans fil, entre la tour Eiffel et le Panthéon (Ri, p. 464, 19 novembre).
Etude sur la téléphonie moderne ; Barth von Wehrenalp (Z E T, p. 546, 13 novembre).
Nouvel indicateur téléphonique (E R, p. 731, 18 novembre).

Eclairage.

Les lampes à arc en vase clos à courants continu et alternatif ; E. H. (Ie, p. 473, 10 novembre).
Les illuminations électriques du Jubilé de la paix à Philadelphie (E W, p. 477, 5 novembre).
Observations sur l'apparence de courants continus constatée entre des électrodes de diverses natures d'un arc à courants alternatifs ; Friedrich Eichberg et Ludwig Kallir (Z E T, p. 553, 20 novembre).

Electrochimie.

Actions chimiques de l'effluve électrique (I E C, p. 71, octobre).
Des électrolyseurs pour l'électrolyse des chlorures alcalins ; H. Becker (I E C, p. 73, octobre).
Sur la fabrication du chlore et de la soude par le procédé Hulin (I E C, p. 76, octobre).
Les usines électrolytiques de chlorate de Saint-Michel ; John-B.-C. Kershaw (E R, p. 791, 25 novembre).
La manufacture de l'aluminium (E R, p. 771, 25 novembre).
Extraction électrolytique de l'antimoine ; E. Ronco (I E C, p. 77, octobre).
Procédé Cowper Coles pour le traitement du zinc (E R, p. 788, 25 novembre).
Traitement électrolytique des minerais de cuivre (I E C, p. 77, octobre).
L'électrodéposition de l'or au Transvaal ; E. Andreoli (Élé, p. 341, 19 novembre).
Action de l'électricité sur les plantes (Gc, p. 45, 19 novembre ; E R, p. 801, 25 novembre).

Mesures.

Sur l'isolement des appareils contre les trépidations du sol ; A. Broca (J P, p. 648, novembre).
Sur un voltmètre électrostatique interférentiel pour étalonnage ; A. Perot et Ch. Fabry (J P, p. 650, novembre).
Méthode de M. Peukert pour la mesure des tensions élevées ; F. Drouin (Élé, p. 339, 19 novembre).
Compteurs à prépaiement Longschattner (El. p. 151, 25 novembre ; E R, p. 771, 25 novembre).
Wattmètre à dilatation ; Michael-B. Field (E R, p. 767, 25 novembre).
Phasemètre à lecture directe du docteur Th. Bruger ; M. Aliamet et E.-J. Brunswick (Élé, p. 347, 26 novembre).
Rapport des comités des étalons de mesure à l'assemblée américaine pour l'avancement des sciences (El, p. 167, 25 novembre).

Divers.

Discours présidentiel de Preece à l'institution of civil engineers (E R, p. 760, 18 novembre).
Discours présidentiel de M. Raworth à la Northern Society of electrical engineers (E R, p. 774, 25 novembre).
Congrès international pour l'unification des filetages à Zurich ; E. Sauvage (R M, p. 407, octobre).
L'exposition internationale de Turin (D E L, p. 533, 12 novembre).
Le développement rapide des applications de l'électricité pendant l'année 1898 (El, p. 165, 25 novembre).
L'électricité à la guerre (Z E T, p. 558, 20 novembre).
L'électricité et l'hygiène ; G. Ratcliffe Hulme (E R, p. 731, 18 novembre).
L'influence sociale de la puissance électrique (El. p. 118, 18 novembre).

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault,* 58 bis, *rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

279 351. **Batault.** 30 juin 1898. — Compteur d'électricité.
279 356. **Peyrusson.** 2 juillet 1898. — Nouvelles électrodes pour accumulateurs électriques.
279 362. **Tesla.** 1er juillet 1898. — Perfectionnement aux contrôleurs de circuits électriques.
279 388. **Cambier et Cie.** 2 juillet 1898. — Nouveau système de grille ou support pour plaques d'accumulateurs.
279 399. **Kas.** 2 juillet 1898. — Préservatif d'incendie pour lampe à incandescence.

NOUVELLES

Concours pour suspensions électriques de salle à manger. — La semaine dernière, la maison Ch. Mildé exposait dans ses galeries les projets de suspension électrique de salle à manger présentés au concours ouvert par la Revue mensuelle d'art nouveau, *Art et Décoration.*

Le sujet paraît avoir intéressé les concurrents, car les projets étaient nombreux et presque tous offraient, à divers titres, un réel intérêt.

Nous ne pouvons entrer dans la description de ces divers projets ; nous nous bornerons à signaler ceux qui ont été récompensés.

Dans le projet de M. Boilot, qui a obtenu le premier prix, le foyer principal est constitué par une vasque en cristal taillé à facettes où sont placées quatre lampes munies de réflecteurs ; à la monture en bronze, agrémentée de feuilles largement dessinées, qui maintient la vasque sont fixées quatre autres lampes enfermées dans des gobelets de cristal et surmontées d'abat-jour.

Le second prix a été accordé à M. G. Pejac pour deux projets où l'appareil principal est constitué par l'armature d'un abat-jour tamisant la lumière centrale ; six branches attachées à la tige de suspension soutiennent autant de petites lampes secondaires ; dans l'un des projets, ces lampes sont placées à l'intérieur de fleurs de soleils en cristal ; dans l'autre, au centre de fleurettes renversées.

Le projet de M. Legastelois, qui a obtenu le troisième prix, est remarquable par son élégance et sa souplesse.

Citons encore les projets de MM. Godart, E. Guyot, Broux, Dhardivillé et Barberis, qui ont obtenu des mentions.

Les photographies de ces divers projets ont été données dans le numéro de ce mois de *Art et Décoration* ; on ne peut qu'engager nos constructeurs d'appareils électriques à en prendre connaissance.

Le développement de l'industrie électrique en Allemagne. — Déjà à plusieurs reprises nous avons signalé dans ce journal le développement rapide de l'industrie électrique allemande, développement attribuable à la puissante organisation financière des principales sociétés. Un rapport de M. Jacquemin, demeurant à Nuremberg, chargé par le ministre du commerce d'une mission officielle, nous fournit à ce sujet des renseignements intéressants.

L'application de l'électricité à l'éclairage s'est trouvée favorisée en Allemagne par l'empressement des municipalités, le peu d'extension qu'y avait pris l'éclairage au gaz et surtout par l'absence presque complète de puissantes compagnies gazières. En outre, jusque dans ces derniers temps, les petites villes étaient encore presque toutes éclairées au pétrole, et, quant aux grandes villes, la plupart possédaient leurs usines ; dans ces conditions, les procès entre sociétés électriques et sociétés gazières, si nombreux en France, ont été extrêmement rares en Allemagne. Aussi les stations centrales, au 1er octobre 1895, étaient déjà au nombre de 200 environ avec une puissance totale de 46 573 kilowatts ; actuellement leur nombre dépasse 400 et leur puissance atteignait, au 1er mars 1898, 111 538 kilowatts.

L'application de l'électricité à la production de la force motrice s'est également développée avec rapidité grâce au développement simultané de toutes les autres branches de l'industrie.

La traction électrique est actuellement employée sur 61 lignes de tramways. Au 1er septembre 1897, la puissance des stations génératrices pour traction était de 21 485 kilowatts, alimentant 2 255 voitures circulaires, sur 957 km de lignes à simple ou double voie.

Capitaux. — Les capitaux engagés par les constructeurs et les financiers dans ces applications sont très considérables. Aujourd'hui, beaucoup de villes font construire leurs stations centrales à leur propre compte ; mais, au début, les constructeurs devaient avancer tous les frais des installations.

Aussi pour pouvoir disposer de nouveau de leurs capitaux, les constructeurs ont-ils été amenés à créer des sociétés indépendantes, rachetant les installations. Néanmoins à cause de la part importante qu'ils conservaient dans le capital de ces sociétés, leurs capitaux se trouvèrent bientôt de nouveau immobilisés, et la plupart des maisons de construction se sont transformées en sociétés anonymes afin de pouvoir augmenter leur capital suivant les besoins. Enfin dans ces dernières années les grandes sociétés ont reconnu la nécessité de séparer complètement la fabrication de l'exploitation. Elles ont fondé des sociétés d'entreprises purement financières dont le seul but est de poursuivre les affaires, demander des concessions, faire exécuter et exploiter à leurs frais les grandes installations, commanditer les nouvelles entreprises.

Chaque société de construction est ainsi appuyée par plusieurs sociétés financières, qui ont leur siège non seulement en Allemagne, mais aussi dans les autres pays. La société de construction possède des actions de chacune de ses sociétés financières ; ces dernières possèdent également des actions de la société de construction. Ce sont en général les mêmes personnes qui entrent dans la composition des conseils d'administration. Les groupes ainsi formés disposent parfois de capitaux immenses. C'est ainsi que le groupe de l'Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft, de Berlin, représente, tant en Allemagne qu'à l'étranger, un capital d'environ 250 millions de francs.

En 1887, il n'y avait que quatre sociétés s'occupant d'électricité ; leur capital était de 25 millions de francs. Actuellement il y en a 45 qui s'occupent exclusivement de cette industrie, leur capital total actions atteint environ 450 millions, dont près de 400 millions sont aux mains de quelques sociétés seulement.

D'un diagramme annexé au rapport, nous extrayons les chiffres du tableau suivant, indiquant dans la première colonne le capital (actions et obligations) et dans la seconde les dividendes distribués, en 1897, des principales maisons :

Allgemeine, Berlin	96 millions	15 p. 100
Siemens et Halske, Berlin . .	87 1/2 »	10 »
Schuckert, Nuremberg . .	77 »	14 »
Union, Berlin	62 1/2 »	12 »
Helios (Cologne)	25 »	12 »
Lahmeyer (Francfort-s-Mein.	11 1/2 »	8 »
Kummer (Dresde)	11 1/2 »	10 »
Singer	6 1/2 »	» »

Fabrication. — Au point de vue général, l'industrie électrique s'est spécialisée, c'est-à-dire qu'elle est complètement séparée de l'industrie mécanique. Par contre, au point de vue électrique, les grandes sociétés tendent de plus en plus à généraliser leur fabrication et à construire autant que possible tout le matériel électrique qui leur est nécessaire dans les installations qu'elles construisent.

Le rapport de M. Jacquemin expose comme il suit les causes et les avantages de cette manière de faire :

Le gros des affaires consiste, en effet, à entreprendre la construction complète de grandes installations, dont la valeur s'élève souvent à plusieurs millions. (La dernière grande centrale d'éclairage construite par la maison Schuckert de Nuremberg, la centrale de Barcelone, coûte environ 4 500 000 fr.)

Or, toutes les maisons qui construisent des machines électriques se chargent du montage complet d'installations de ce genre, y compris la fourniture de tout le matériel électrique ou non. La seule parmi les grandes maisons, qui jusque dans ces derniers temps ait continué à construire seulement les machines sans s'occuper des installations, a dû abandonner ce système afin de pouvoir soutenir la concurrence.

Il y a cependant une branche de l'industrie électrique qui est restée spécialisée et qui parait devoir le rester, c'est la fabrication des accumulateurs. Deux grandes maisons, la société Hagen, de Berlin, et la société Pollak, de Francfort, fabriquent exclusivement des accumulateurs.

On pourrait en dire autant de la fabrication des charbons électriques ; mais dans cette dernière branche les diverses fabriques ont tellement fait baisser les prix que plusieurs maisons ne peuvent plus se soutenir par la fabrication exclusive des charbons. Il y a des exemples de maisons offrant une remise de 75 p. 100 et même plus sur leurs prix de tarif.

Il existe une maison importante, la société Felten et Guillaume, qui au point de vue électrique ne fabrique que des câbles : quant aux maisons qui fabriquent seulement des lampes à incandescence, des lampes à arc, etc., elles n'ont pas acquis de grande importance.

Le plus bel exemple de généralisation est fourni par la Société générale d'électricité de Berlin. Fondée en 1889 sous le nom de Compagnie allemande Edison, au capital de

Lampes à Arc JANDUS

La **LAMPE à ARC JANDUS** est la première et la seule réellement pratique des lampes en vase clos. Elle donne une lumière plus douce, plus diffuse et plus blanche que ne le peuvent faire les lampes à arc ouvert et augmente de 20 fois la durée des charbons.

La **LAMPE à ARC JANDUS** n'a ni mouvement d'horlogerie, ni cliquets, ni ressorts, ni cordes, mais une seule pièce mobile en acier coulé pesant 1 k. 200 et dont le mouvement vertical sans friction ne dépasse pas 3 centimètres.

La **LAMPE à ARC JANDUS** brûle seule en dérivation sur courants de 100 à 200 volts sans perte d'énergie, ce qui supprime l'obligation d'avoir 2, 3, 4 ou 5 lampes en série.

La **LAMPE à ARC JANDUS** ne nécessite pas de coûteux et volumineux rhéostats extérieurs, étant complète en elle-même et se monte aussi aisément qu'une lampe à incandescence.

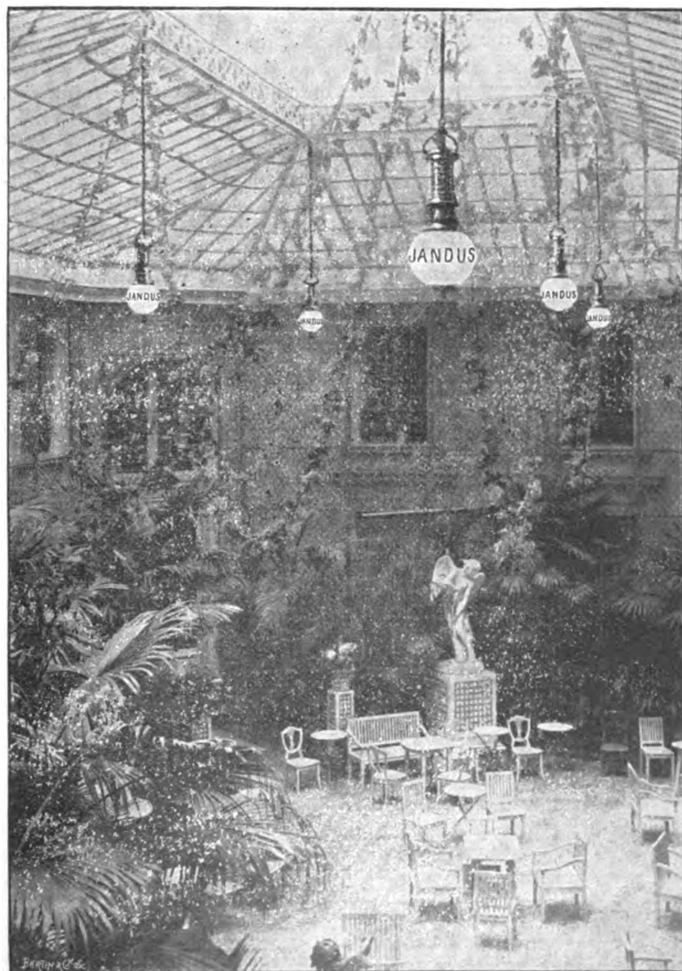
La **LAMPE à ARC JANDUS** économise de 60 à 85 francs par lampe et par an, en charbons et manutention, fait reconnu par les nombreuses C[les] Edison dans le monde, qui emploient des milliers de nos lampes, lesquelles durent de 125 à 230 heures suivant l'énergie utilisée.

La **LAMPE à ARC JANDUS** est approuvée et employée par 10 gouvernements, 40 expositions, 100 bâtiments publics, 300 municipalités, 400 ateliers, 5,000 magasins, etc., formant un total de plus de 50,000 lampes. — *Elle est employée par :*

Théâtre de l'Opéra.
— l'Olympia.
— Parisiana.
— Folies-Bergère.
Casino de Paramé.
Divan Japonais.
Concert Parisien.

Félix Potin et C[ie].
Grands Bazars-Métropole.
Bars Biard.
Café du Rat-Mort.
Bouillons Chartier.
Photographie Van Bosch.
Rue Ambroise Thomas.

GRAND HOTEL, 12, boulevard des Capucines, PARIS



Cies d'Électricité & Secteurs Électriques

QUIMPER	NANTES
NIMES	MONTPELLIER
LAMBALLE	TOULOUSE
ELBEUF	FÉCAMP
CANNES	REVEL
ROUEN	PAU
LE MANS	PARAMÉ

ATELIERS, MINES, CHANTIERS, etc.

Karcher et Cie. *brasseurs, Paris.*
Établissements Panhar et Levassor.
Cie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usine, *Paris.*
Popineau, Vizet fils et C[ie]. *Plaine St-Denis.*
Mouton, *Plaine St-Denis.*
Mines de Blanzy, *Montceau-les-Mines.*
" " *Nantes.*
Bessonneau, *Angers.*
J. Jaluzot et Cie, *Magasins du Printemps.*
" *Origny, Ste-Benoite.*
de Diétrich et Cie, *Lunéville.*
Singrün frères, *Epinal.*
K. du Bernard, *Brassac.*
Lacroix fils et Cie, *Mazières-sur-le-Salat.*
Danière frères, *Roanne.*
A. Ducommun et Cie, *Avignon.*
Henneton et Cie, *Lille.*
Vandersluys et fils, *Dunkerque.*
A. Gibert, *St-Quentin.*
L. Callaud, *Nantes.*
E. Bouts, *Toulouse.*
Thierry-Wierre et Cie, *Paris.*
E. H. Cadiot et Cie, *Paris.*

Écrire pour plus amples renseignements à la

C[ie] des LAMPES à ARC JANDUS

35, rue de Bagnolet, PARIS

6 250 000 fr, pour fabriquer la lampe à incandescence, elle s'occupa petit à petit d'entreprendre des installations qu'elle construisait avec du matériel acheté à d'autres maisons, en particulier à la maison Siemens. Dans la suite elle construisit elle-même ses machines, ses appareils, ses lampes à arc, etc. ; plus tard, elle s'occupa également d'installations de tramways, et dernièrement elle a fait construire une importante fabrique de câbles électriques.

Aujourd'hui elle fabrique tout ce qui est du domaine de l'électricité industrielle, sauf les accumulateurs, c'est-à-dire : machines électriques à courant continu et alternatif de toutes grandeurs, depuis 1/20 de cheval jusqu'à 1 000 chevaux et plus ; transformateurs et rhéostats ; résistances de toutes sortes ; lampes à arc, lampes à incandescence ; appareils divers et instruments de mesure ; compteurs électriques ; câbles et fils électriques : moteurs de tramways, etc. Elle se charge de l'installation complète d'installations de lumière, de transport de force, de tramways, d'électrochimie, etc. Elle occupe actuellement environ 12 000 ouvriers et employés.

Dans ces dernières années elle a construit :

1893-94 : 1 555	machines d'une	puissance	totale de 15 000 kw ;	
1894-95 : 2 049	»	»	» 22 800	»
1895-96 : 4 000	»	»	» 50 000	»
1897-98 : 5 189	»	»	» 76 300	»

Elle a construit en outre jusqu'ici plus de 100 stations centrales d'éclairage et 65 lignes de tramways.

La société Siemens et Halske construit exactement le même matériel et s'occupe des mêmes installations que la Société générale ; en outre, elle fabrique les téléphones et les appareils télégraphiques. Cette maison fut fondée en 1847 par Werner von Siemens, alors officier, qui s'associa avec le mécanicien Halske pour construire des câbles et des appareils télégraphiques. Actuellement encore la spécialité de cette maison est la construction des instruments de précision. C'est elle qui construisit les premières machines électriques en Allemagne, et la première ligne de tramways électriques en Europe.

La société Schuckert, de Nuremberg, fut fondée en 1873 par un mécanicien, S. Schuckert, qui construisit d'abord des instruments de mesure et de petites dynamos pour la galvanoplastie. Actuellement cette société construit le même matériel que les deux sociétés ci-dessus, sauf les câbles et les lampes à incandescence. En outre elle fabrique comme spécialité des projecteurs électriques à l'usage de l'armée, de la marine de guerre et de la marine marchande. Elle possède des ateliers à Nuremberg, où elle occupe environ 4 000 ouvriers, et à Berlin. Des sociétés étrangères qui exploitent ses procédés et dans lesquelles elle est intéressée, possèdent ou construisent des ateliers à Vienne en Autriche, à Creil (France), et dans les environs de Londres.

Son outillage de Nuremberg se compose d'environ 1 770 machines-outils de toutes sortes, actionnées par 9 machines à vapeur d'une force totale de 1 860 chevaux.

Elle a construit en tout 48 installations de tramways et 125 stations centrales d'éclairage, dont 64 seulement en Allemagne.

Après ces trois sociétés, qui sont les plus grandes d'Allemagne, en viennent trois autres, qui ont à peu près la même fabrication, mais sur une petite échelle. Ce sont : Lahmeyer de Francfort, Hélios de Cologne, et Kummer de Dresde.

A côté de ces trois dernières sociétés se place la société Union, de Berlin, qui s'est alliée à la société américaine Thomson-Houston et s'occupe spécialement de tramways électriques.

Organisation intérieure. — Les sociétés par actions sont administrées par un conseil de plusieurs membres, et ont à leur tête un ou plusieurs directeurs. La Société générale a cinq directeurs, dont un directeur général. La société Schukert a un directeur général, un directeur technique, deux directeurs commerciaux et deux sous-directeurs.

Quant au personnel, il est toujours fort nombreux et les appointements très élevés dans les haut grades. Voici le renseignement que donne M. Jacquemin à ce sujet :

Le personnel des bureaux est divisé en deux catégories bien distinctes : la partie commerciale et la partie technique. Dans chacune d'elles il y a un ou plusieurs fondés de pouvoirs qui ont sous leurs ordres les chefs de bureau (*ingénieurs en chef dans la partie technique*). La division du travail est poussée à l'extrême et le nombre des employés est parfois considérable. La société Schuckert emploie dans ses bureaux de Nuremberg seulement 160 employés pour la partie commerciale et 306 ingénieurs ou dessinateurs.

Les différents services de la partie commerciale sont en général répartis de la façon suivante :

Correspondance. — *a*) Allemagne, *b*) étranger, *c*) centrales ;

Comptabilité. — *I*) service principal, *II*) service des factures : *a*) Allemagne, *b*) étranger ;

Caisse. — *a*) service principal, *b*) assurances, caisse de retraites ;

Commandes. — *a*) enregistrement des commandes, *b*) répartition dans les ateliers, *c*) expéditions ;

Services divers. — Classement des lettres, correspondance avec les monteurs ; service des achats, magasin ; service du personnel ; service littéraire, publications, annonces, statistique, etc.

A chacun de ces services correspondent un ou plusieurs bureaux.

Les employés ne sortent généralement d'aucune école spéciale. La plupart ont suivi les cours d'une école réale ou d'un gymnase. On exige d'eux la connaissance la plus approfondie de la correspondance et de la comptabilité, et presque toujours la sténographie et de bonnes notions de français.

En général les grandes maisons n'admettent guère de volontaires, à moins que les fils de leurs employés et ouvriers. Par exception cependant on admet quelquefois les fils de personnages influents ou de personnes avec lesquelles on est en relations d'affaires.

Dans la partie technique les services sont encore plus variés que dans la partie commerciale, en raison de la diversité de la fabrication. En principe, il y a toujours les suivants :

Etudes et projets : I) installations motrices, machines à vapeur, chaudières, moteurs à gaz, turbines, etc. ; *II*) installations électriques : *a*) éclairage et transport de force, *b*) tramways ; *III*) service des bâtiments ; *IV*) service de la voie dans les tramways ; *V*) installations électrochimiques ;

Construction : I) constructions mécaniques : *a*) courant continu, *b*) courant alternatif ; *II*) constructions électriques : *a*) courant continu, *b*) courant alternatif : *b'* machines, *b''* moteurs, *b'''* transformateurs.

Constructions diverses : câbles, lampes à arc et à incandescence, résistances, petit appareillage, etc.

Service du montage. — Les ingénieurs des bureaux de construction ont à leur disposition un ou plusieurs laboratoires parfaitement outillés et aménagés, où on essaie les matières premières et les appareils nouveaux.

Les ingénieurs sortent presque tous d'une université ou d'une école technique. Il y a à Darmstadt et à Bonn des instituts électrotechniques ; en outre il existe un certain nombre d'écoles industrielles, dont beaucoup sont privées, qui ont une section d'électricité.

La journée de travail pour les employés est presque partout de huit heures. A Nuremberg les employés travaillent de 7 h. à midi et de 2 h. à 5 h. en été ; en hiver ils travaillent de 8 h. à midi et de 2 h. à 6 h.

A cause de leurs relations avec tous les pays du monde, les grandes maisons occupent toutes des employés de presque toutes les nations comme correspondants, traducteurs, ingénieurs, etc. Les étrangers figurent surtout dans les rangs moyens : quelques-uns peuvent devenir ingénieurs en chef ou chefs de bureau, mais rarement davantage. La société Schuckert occupe environ 50 étrangers, dont 10 Français.

La journée de travail des ouvriers est de dix heures dans les grandes villes. A Nuremberg les ouvriers travaillent toute l'année de 7 h. à midi et de 1 h. 1/4 à 6 h. 1/4.

Traitements et gratifications. — Outre le remboursement de leurs frais de déplacement et autres, les membres du conseil d'administration d'une société ont une part dans les bénéfices. Cette part est fixée par les statuts. Le conseil d'administration de la Société générale de Berlin reçoit 5 p. 100 de la somme totale distribuée comme dividende; celui de la société Schuckert de Nuremberg reçoit 10 p. 100 du bénéfice net, déduction faite de 5 p. 100 pour la réserve et d'une somme égale à 4 p. 100 du capital.

Le directeur général de l'une des plus grandes sociétés allemandes ne reçoit aucun traitement fixe, mais il a une large part dans les bénéfices. Cette année cette part équivaut à environ 1/2 million de francs. Un autre directeur général a un traitement fixe de 37 500 fr, plus une part dans les bénéfices, soit en tout environ 150 000 fr. Un autre a un revenu garanti de 25 000 fr.

Les autres directeurs ont des traitements fixes variant de 30 à 40 000 fr, plus une part dans les bénéfices. Le directeur technique d'une société a 2 p. 100 et les autres directeurs chacun 1 p. 100, les fondés de pouvoirs ont chacun 1/4 p. 100. Cette année le directeur technique de cette société a touché pour sa part environ 65 000 fr, outre son traitement. Le traitement fixe des fondés de pouvoirs atteint de 10 à 20 000 fr.

En 1897 la Société générale a distribué :

Au conseil d'administration . . .	235 000	en chiffre rond
Aux directeurs	470 000	»
Gratifications aux employés . . .	235 000	»

y compris le versement à la caisse de retraites.

En 1898 la société Schuckert a distribué :

Au conseil d'administration et aux directeurs	1 100 000	en chiffre rond
Aux employés.	260 000	»
et elle a versé à la caisse de retraites.	62 500	»

En 1897 le bénéfice net de la Société générale était de 7 300 000 fr environ pour un capital de 43 750 000 fr ; en 1898 celui de la société Schuckert a été de 5 000 000 fr environ pour un capital de 28 125 000 fr.

Les ingénieurs en chef ont un traitement fixe variant de 8 à 10 000 fr. Les chefs de bureau, correspondants, comptables, etc., ont environ de 5 à 7 000 fr. Parmi les ingénieurs plusieurs ont un tant pour cent, soit sur les affaires qu'ils ont traitées, soit sur le montant des machines ou appareils construits d'après leurs brevets. Dans presque toutes les sociétés ces employés ont à la fin de l'année commerciale une gratification qui varie entre 1 000 et 3 000 fr et dépasse même ce dernier chiffre.

Les ingénieurs et employés de commerce ont des traitements variant de 2 000 à 4 000 fr, plus une gratification très variable, qui peut atteindre près de 1 000 fr pour quelques-uns. Pour la plupart cette gratification est sensiblement égale au double de leur traitement mensuel.

Les ingénieurs sortant de l'école et n'ayant par conséquent aucune pratique débutent généralement à 130-150 fr par mois. Les employés de commerce débutent suivant leur âge et leurs aptitudes à 100-150 fr par mois.

Les copistes, les sténographes ont en moyenne 125 fr par mois. Ils forment une classe intermédiaire entre les employés et les ouvriers, en ce qu'ils sont payés par jour, tandis que les employés sont payés au mois et les ouvriers à l'heure. Les garçons de bureau rentrent dans cette classe ou bien sont considérés comme ouvriers ; ils gagnent de 20 à 30 fr par semaine.

Les traitements varient suivant les sociétés et avec les villes. Quelques sociétés augmentent régulièrement le traitement de leurs employés à la fin de chaque année jusqu'à une certaine limite.

La moyenne des salaires dans les villes ouvrières est d'environ 40 centimes par heure. Dans plusieurs sociétés les ouvriers reçoivent tous les ans une légère gratification de 50, 100 fr et plus.

Organisation extérieure. — Cette organisation est fort intéressante :

Toutes les maisons un peu importantes entretiennent dans les grandes villes d'Allemagne et dans les centres industriels des succursales plus ou moins indépendantes de la maison centrale, traitant les affaires pour leur propre compte, et dirigées généralement par un ingénieur qui a une part dans les bénéfices. Outre ces succursales il y a des agents et des représentants dans les villes importantes.

Les succursales engagent elles-mêmes leur personnel, surveillent l'exécution des installations qu'elles ont traitées et établissent leurs prix ; elles achètent le matériel à la maison centrale à des conditions fixées d'avance.

La société se réserve dans tous les cas les grandes installations, telles que stations centrales, tramways, installations électrochimiques, etc., sauf à faire bénéficier s'il y a lieu la succursale dans le ressort de laquelle se trouve l'installation, d'un tant pour cent sur le montant de l'affaire.

Des ingénieurs spécialistes attachés à la maison centrale se déplacent toutes les fois que cela est nécessaire, soit pour relever les données d'un projet à étudier, soit pour discuter une affaire ou conférer avec les personnes intéressées ; mais

les sociétés de construction n'entretiennent pas de voyageurs pour placer leur matériel.

A l'étranger toutes les grandes sociétés ont des représentants dans tous les pays. Ces représentants entretiennent eux mêmes des sous-représentants ou des bureaux dans les principales villes de leur région, et sont complètement indépendants.

Dans les pays où l'industrie nationale est très développée, comme en France et en Angleterre, les grandes maisons de construction ont cherché depuis plusieurs années à créer des fabriques ou à s'allier, pour faire construire leur matériel, à des maisons déjà existantes. C'est ainsi qu'en France la société de Fives-Lille construit le matériel de la Société générale de Berlin ; la Société alsacienne de Belfort construit le matériel de la société Siemens et Halske ; la Compagnie générale d'électricité de Creil, nouvellement constituée, construira le matériel Schuckert.

Dans les autres pays, qui n'ont que peu ou pas d'industrie, on exporte tout le matériel électrique d'Allemagne et on se contente, le cas échéant, de prendre dans le pays tout ou partie du matériel mécanique nécessaire dans les installations. Depuis ces dernières années, on cherche à créer dans ces pays des sociétés financières analogues aux sociétés allemandes, avec l'appui de banques du pays, afin de faciliter l'obtention des concessions et de créer de nouveaux débouchés.

La Société générale de Berlin, qui possède deux sociétés financières à Berlin, dont l'une exerce son action dans l'Amérique du Sud, en possède également une à Zurich (voir, à ce propos, le *Supplément* du 12 novembre, page L-VIII); la société Siemens et Halske possède une société financière à Berlin et une à Bâle ; la société Union possède deux sociétés financières à Berlin, une à Bruxelles, et une à Milan.

Outre les sociétés de construction de Vienne, Creil et Londres, la société Schuckert possède une société financière à Nuremberg, une à Mannheim, une à Dresde, une à Milan et elle s'efforce actuellement d'en créer une en Russie. La société financière de Nuremberg s'occupe actuellement de fonder une société dont le but serait de monopoliser les entreprises électriques en Turquie. Les deux autres grandes sociétés allemandes seraient ainsi intéressées dans cette société.

On peut juger par le rapport de M. Jacquemin combien l'industrie électrique est puissamment organisée en Allemagne. Un autre rapport, adressé par l'Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft à la chambre de commerce de Berlin, et que publie le dernier bulletin du syndicat professionnel des industries électriques, nous fournit de nouveaux renseignement sur ce même sujet.

Dans ce dernier rapport, le rapporteur commence par refuter l'opinion, exprimée par de nombreuses personnes compétentes, que l'industrie électrique allemande serait actuellement à son apogée. Il fait observer que les ateliers de la société suffisent à peine à exécuter les commandes déjà passées, que chaque jour apporte de nouveaux ordres, que le vote des crédits pour la marine fournit une nouvelle application rémunératrice, et qu'enfin on peut envisager la substitution dans un avenir prochain de la traction électrique à la traction à vapeur sur les chemins de fer. A propos de cette dernière application, nous relevons le passage suivant :

Souvent déjà les expositions ont eu une influence salutaire sur le développement de l'industrie électrique. L'exposition de Philadelphie, en 1876, nous a donné le téléphone ; celle de Paris, en 1881, a fait connaître les lampes à incandescence ; l'exposition de Munich appela pour la première fois l'attention sur l'éclairage électrique des théârtes, et celle de Francfort, en 1891, démontra la possibilité pratique de transporter l'énergie électrique à de grandes distances. Une nouvelle application de l'électricité serait digne de l'exposition qui doit couronner ce siècle : ce serait l'emploi de l'électricité à la place de la vapeur sur les chemins de fer. Il aurait certainement suffi d'un peu de bonne volonté de la part de la direction générale de l'exposition pour obtenir les moyens nécessaires à la solution de ce problème grandiose. L'application de l'électricité comme moyen de locomotion rapide ouvrirait à l'industrie une voie nouvelle ; malgré son développement actuel, l'industrie électrique devra tôt ou tard s'engager dans cette voie.

Le rapporteur admet néanmoins que si la production des fabriques allemandes continue à augmenter dans la même proportion que dans ces dernières années, les applications actuelles ne suffiront bientôt plus, du moins en Europe, pour fournir assez de travail à ces fabriques. Les marchés français et anglais sont en effet fermés à l'industrie allemande ; dans les contrées méridionales, la concurrence rend difficile l'obtention des concessions ; la Russie et l'Autriche seules peuvent encore donner lieu à des installations importantes. Aussi l'Allgemeine Elektricitaets Gesellschaft a-t-elle cherché des débouchés hors de l'Europe, et déjà elle a noué des relations au Japon, en Chine et surtout dans l'Amérique du Sud, où déjà elle construit une importante usine pour l'éclairage et les tramways de Buenos-Ayres et de Santiago de Chili.

Examinant ensuite la situation de la société, le rapporteur indique que la société possède des succursales dans 18 villes d'Allemagne ou de l'étranger, succursales dont dépendent en outre

14 bureaux techniques et 65 sous-représentants, que la société filiale, la Compagnie d'entreprises électriques, construit ou exploite des usines d'électricité dans 21 villes, et que son alliée la Société générale des chemins de fer et tramways, exploite des lignes en sept endroits différents. Vingt-cinq usines électriques ont été construites par la Société Siemens et Halske elle-même. Parmi ces usines, la plus importante est celle de Rheinfelden, sur le Rhin, d'une puissance de 3 300 kilowatts. Quarante-neuf installations de tramways faites par cette société étaient en service ou en construction au mois de juin 1897.

Récemment la Société Siemens et Halske a inauguré une importante usine pour la fabrication des câbles souterrains et du matériel de canalisation électrique. La fabrication des lampes à incandescence a subi pendant l'année une augmentation considérable. Les applications chimiques de l'électricité sont mises en œuvre à Betterfeld.

Les installations faites pendant l'année 1897 représentent une somme de 32 millions de francs. Le nombre des ouvriers et employés pendant l'année courante se monte à 12 000 environ. Le capital de la société a été récemment porté de 43 750 000 fr à 58 750 000 fr.

Traction électrique. — **Barcelone.** — Le 9 novembre dernier, on a procédé à l'essai de la traction électrique sur la ligne qui fait le tour de la ville. Un nombreux public a contemplé la sortie des voitures qui ont circulé sans incident depuis le départ à la place La Paz, et de celle-ci à la place de Cataluna.

L'énergie électrique est distribuée par un trôlet aérien.

Chaque voiture sera dotée d'un accumulateur d'une énergie suffisante pour éclairer la voiture dans le cas où le trôlet se détacherait de la ligne.

— **Cincinnati (Etats-Unis).** — La ville est sillonnée de tramways électriques à trôlet. Il y a deux Compagnies, l'une dont M. John Kilgour est président, est la plus importante ; la seconde, dont le siège est à Covington.

La semaine dernière, on a mis en fonctionnement une ligne qui va de Cincinnati à Hamiton (15 milles environ) et dont l'usine est située dans cette dernière ville. O. N. C. E.

— **Louisville (Etats-Unis).** — La Louisville Railway Cy, formée en 1890, exploite les 19 lignes de tramways de Louisville, ayant une longueur totale de 140 milles, dont 130 milles sont exploités électriquement. La Compagnie a à son service les machines les plus modernes, ayant ajouté, cette année, un générateur d'une force de 3000 chevaux, lui donnant une force totale de 6000 chevaux. Le service est de 500 cars entre 6 h du matin à 8 h du soir, et de 300 à 350 durant la journée, selon la nécessité. Le prix du passage est cinq cents

O. N. C. E.

— **Mouvaux.** — Dans la séance du conseil municipal du 24 novembre dernier, M. Millez a fait connaitre que la Compagnie des tramways de Lille à Tourcoing va commencer sous peu de jours le changement de la voie dans la traversée de Mouvaux et qu'elle compte établir la traction électrique pour fonctionner vers octobre prochain.

M. Millez émet ensuite le vœu suivant, qui est adopté à l'unanimité :

« Le conseil municipal de Mouvaux prie le conseil municipal de Tourcoing de vouloir bien accorder à la Compagnie des Tramways de Lille à Tourcoing, l'autorisation de faire entrer sa ligne électrique dans la ville, de façon à ce qu'elle puisse conduire elle-même ses voyageurs à proximité de la place ou de la gare, soit en passant par les rues de Dunkerque, Blanche, Porte, Calais, Espierre, Saint-Vincent, Paul, Conditionnement, où il n'y a pas de tramways électriques, ou en passant par tout autre endroit qui lui serait désigné.

« En accordant cette autorisation, la ville de Tourcoing rendrait un grand service à la ville de Mouvaux, la Compagnie des tramways s'engageant dans ce cas à faire un service électrique au quart d'heure du dépôt de Marcq à Tourcoing.

— **Strasbourg.** — Sur la proposition de la commission, le conseil général constate avec satisfaction que l'administration des tramways est disposée à construire la ligne Wolfisheim-Westhofen. Le conseil recommande à la bienveillance de M. le président du département les pétitions des communes d'Ittenheim et de Quatzenheim qui se prononcent en faveur du tracé Wolfisheim-Oberschæffolsheim - Achenheim - Breuschwickersheim - Itten

heim, avec traction électrique depuis Wolfisheim usqu'à Ittenheim. Ces pétitions sont appuyées par MM. le Dr Meyer et Apprederis (rapporteur, M. Fuchs).

Éclairage électrique. — **Châteaulin.** — En exécution d'une décision prise par le conseil municipal, lors de sa dernière réunion, on procède actuellement à l'établissement de lampes électriques destinées à l'éclairage du petit chemin d'accès à la station de Châteaulin.

— **Cincinnati (États-Unis).** — Cette ville est presque entièrement éclairée à l'électricité. L'Edison Electric Cy. a le monopole, par suite de contrats avec la ville; il n'y a donc aucun concours ou adjudication à espérer; cette puissante compagnie empêcherait toute chance de réussite à ceux qui tenteraient un nouvel établissement. Les moteurs et autres appareils sont fournis par la maison Thompson, de New-York, et la Westinghouse Co, de Pittsburg. O. N. C. E.

— **Kansas City (États-Unis).** —La municipalité de Kansas City étend continuellement le système de l'éclairage électrique de la ville; il n'a pas encore atteint tous les quartiers. Les deux Compagnies dont les noms suivent sont concessionnaires chacune pour une partie : The Edison Electric Light and Power Co et The Kansas City Electric Light.

Il y a un concours d'ouvert pour les quartiers non encore éclairés. Les grands établissements industriels, certaines importantes maisons de commerce, les principaux hôtels et bâtiments publics possèdent leurs propres appareils électriques produisant leur éclairage.

En fait d'établissements publics en voie de construction, restant à éclairer, il y a entre autres : Convention Hall, un bâtiment monumental pouvant contenir quinze mille âmes, devant coûter 150 000 dollars. Ce bâtiment sera complété très prochainement. On ne croit pas qu'un contrat soit déjà passé pour son éclairage. M. G.-W. Evans, président du Commercial Club, est à la tête du comité de construction.

Aussi en voie de construction par M. Bernard Corrigan, capitaliste millionnaire, un grand hôtel de grand luxe qui sera éclairé à l'électricité.

La ville de Kansas City grandit sans cesse, et toutes les nouvelles constructions sont uniformément éclairées à l'électricité. O. N. C. E.

— **Lille.** — Nous apprenons que l'éclairage électrique va être prochainement installé à l'Ecole des beaux-arts et au Conservatoire de musique. La ville va pouvoir faire son électricité elle-même, mais en employant comme force motrice une machine à gaz de la force de 40 chevaux. Ce moteur sera

installé au rez-de-chaussée de l'Ecole des beaux-arts et le courant sera conduit aa Conservatoire de musique par deux fils passant au-dessus de la rue de la Deûle.

Il en résulte que des Compagnies d'éclairage électrique pourront s'établir à Lille avec chance de succès, si elles sont autorisées, au moyen de conducteurs aériens, à passer d'un pâté de maisons à un autre.

Si cette concurrence salutaire venait à s'établir, on peut être assuré que les Compagnies du gaz, pour soutenir la lutte, s'empresseraient, pour le plus grand profit du public, d'abaisser leurs tarifs de consommation. Le monopole serait ainsi détruit indirectement, au moins en ce qui concerne l'éclairage des particuliers.

— **Limoges.** — La Compagnie d'éclairage électrique a soumis récemment à l'administration municipale la proposition suivante :

« La Compagnie peut se charger de l'installation d'environ quatorze lampes à arc et de la fourniture du courant nécessaire pour les alimenter aux prix et conditions suivantes :

« Ces lampes seraient placées dans les rues ou places actuellement canalisées. Satisfaction immédiate pourrait être donnée pour les lampes prévues aux points désignés par l'ingénieur-directeur de la ville et qui sont : la place de la Cathédrale, qui recevrait une lampe; la place Jourdan, 3; le carrefour de l'avenue de Juillet et de l'avenue Garibaldi, 1, le carrefour Carnot et rue du Général-Cérez, le rond-point Carnot, la place Denis-Dussoubs, la place d'Aine, la place des Bancs, la place de l'Hôtel-de-Ville, la place Fournier, chacun une lampe; la place de la République, 2 lampes.

« La Compagnie propose pour l'installation de ces lampes, le candélabre modèle G, de la maison Durenne. C'est ce modèle de candélabre qui a été installé avenue de l'Opéra, à Paris. Chaque lampe fonctionnerait séparément par l'intermédiaire d'un petit transformateur qui serait placé dans la borne du candélabre.

Les lampes employées seraient du système Kremenezky, construites par la maison Olivier, de Besançon. Tout le matériel serait de provenance française. La Compagnie se chargerait de la fourniture de ce matériel, moyennant le prix de 673 fr. La ville devrait prendre à sa charge la peinture du candélabre, la pose de la borne et tous les travaux qu'entraînerait cette pose. Elle exonérerait la Compagnie des droits d'octroi qui pourraient frapper ce matériel.

Par contre, la Compagnie supporterait tous les frais de canalisation nécessaire pour amener le

courant aux lampes, les frais de pose du candélabre, ainsi que le montage de la lampe, du transformateur et de tous autres appareils accessoires. La Compagnie spécifie que le prix indiqué ci-dessus ne peut pas servir de base pour les installations futures, les frais d'installation pris à sa charge ne s'appliquent qu'à un maximum de 14 lampes. Ces concessions ne sont faites que pour permettre à l'administration municipale d'apprécier, sans s'exposer à de trop grands frais, l'avantage que présente pour l'éclairage de la voie publique, l'emploi des lampes à arc.

Le courant nécessaire à l'alimentation de ces lampes, leur intensité étant limitée à 14 ampères, serait livré à raison de 0,35 fr par heure et par lampe en fonctionnement.

La Compagnie se chargerait de l'allumage, de l'extinction, de la fourniture des charbons, de leur remplacement, du nettoyage des lampes, globes, candélabres, etc., moyennant le prix de 0,05 fr par lampe et par heure.

De telle sorte que l'éclairage d'une lampe à arc dans les conditions ci-dessus entrainerait une dépense de 0,40 fr par heure de fonctionnement.

La Compagnie entreprendrait cette installation immédiatement.

La seule chose qui pourrait en retarder le fonctionnement serait la livraison du matériel, mais elle estime que ces lampes pourraient fonctionner un mois et demi environ après que l'administration aurait donné l'ordre d'exécuter les travaux.

La proposition a été envoyée à la commission des travaux publics pour étude et avis.

— **Lyons-la-Forêt (Eure).** — Cette petite ville va enfin se trouver éclairée de nouveau à l'électricité, M. Meurdrac, des Andelys, qui a passé un traité avec la municipalité de Lyons, est en train de faire installer la canalisation aérienne.

La première concession avait été accordée en septembre 1891 à MM. Langlois et Cie. Mais la station électrique fut mal dirigée, les lampes donnaient une mauvaise lumière et les abonnés étaient de moins en moins nombreux. Finalement l'éclairage électrique avait cessé de fonctionner en 1896.

Espérons que la nouvelle entreprise aura plus de succès.

— **Louisville (États-Unis).** — A Louisville il n'y a qu'une seule Compagnie d'éclairage ; la Louisville Gas Cy, qui en même temps est la propriétaire de la Louisville Electric Light Co. Les machines de la Compagnie ont une force de 6 500 chevaux.

1 400 lampes servent à éclairer la ville. 250 sont au service de différents établissements particuliers ; 7 500 autres lampes sont employées par des hôtels.

Cette Compagnie produit en même temps une force de 800 chevaux au service de quelques petites fabriques.

La plupart des établissements : usines, fabriques, brasseries, ayant des machines à vapeur, produisent eux-mêmes leur éclairage. O. N. C. E.

— **Sainte-Savine (Aube).** — Le conseil municipal de Sainte-Savine a adopté un arrêté aux termes duquel autorisation est donnée à un concessionnaire, moyennant versement d'une caution de 5000 fr, d'établir des canalisations électriques dans la commune pour l'éclairage et le transport de la force. Le concessionnaire paiera, en outre, à la commune, une redevance de 0,25 fr par mètre linéaire occupé sur le territoire.

— **Trieste.** — Le soir du 1er novembre, veille de la fête traditionnelle de San Giusto, on a inauguré l'éclairage électrique du Corso et des rives et places principales de Trieste.

L'installation a été faite par la maison Ganz et Cie de Budapest. Les moteurs à vapeur sortent de la fabrique Franco Tosi de Legnano.

Il y a actuellement 100 candélabres, munis chacun d'une lampe de 1 000 bougies. L'éclairage produit ainsi sur les rives est d'un très bel effet. Une installation partielle faite depuis plusieurs années sur un parcours de un kilomètre environ continue à fonctionner avec les moteurs primitifs.

La station centrale communale fournira aussi la lumière aux théâtres, hôtels et autres établissements. Elle est située dans l'enceinte même de l'usine à gaz. T.

Adjudications, avis, offres et demandes.

Les informations marquées (O. N. C. E) sont des communications de l'Office national du Commerce extérieur.

(*S'adresser pour tous renseignements complémentaires au siège de l'Office*, 3, *rue Feydeau*.)

— **Bucharest (Roumanie).** — La municipalité demande des soumissions pour la fourniture de moteurs électriques et de pompes électriques pour distribution d'eau. S'adresser à M. Radu, directeur du département des études et constructions, Strada Mihai-Voda, avant le 10 janvier 1899.

— **Caracas (Vénézuéla).** — Il est en ce moment vaguement question de la substitution des tramways électriques aux tramways à chevaux. Nos constructeurs pourraient, néanmoins, entrer en relations avec les deux compagnies de tramways, Compania de tranvias Caracas et Compania de tranvias Bolivar.

O. N. C. E.

— **Enguera (Espagne).** — La municipalité d'Enguera (province de Valence) demande des soumissions pour la concession de l'éclairage électrique de la ville.

— **Heidelberg (Allemagne).** — La municipalité demande des soumissions et des plans pour la construction et l'équipement d'une station d'éclairage électrique. S'adresser à Der Direktion der Stædt Gas und Wasserwerke, Heidelberg. Le cahier des charges est envoyé sur réception de 6 marks.

— **Neuilly-Saint-Front (Aisne).** — Le maire de Neuilly-Saint-Front (Aisne) offre à l'entréprise l'éclairage électrique de la ville et des habitants, et distribution de force motrice pour diverses industries.

— **Paris.** — Une grande usine électrique de premier ordre cherche un représentant actif et connu pour la vente de ses produits en France et pour les colonies françaises.

Prière d'adresser les offres et références par écrit à M. Paul Uckermann, 5, cité Trévise, à Paris.

— **Shangaï.** — Nous avons déjà annoncé (*Supplément* du 19 novembre et du 3 décembre, p. LXX et XCIII) qu'un important réseau de tramways électriques et un réseau téléphonique étaient en projet. Tous les plans relatifs à ces projets sont actuellement à l'Office national du commerce extérieur où les intéressés pourront en prendre connaissance.

BIBLIOGRAPHIE

Un ballon dirigeable, par le Dr Constantin Danilewski. Une plaquette de 16 pages, avec 6 photographies. Karkoff (Russie).

Cette plaquette reproduit une communication faite par l'auteur à la section d'aérostation du Xe Congrès de naturalistes et médecins, tenu à Kieff, en août dernier. L'auteur y décrit un système de ballon dirigeable dont il est l'inventeur, ainsi que les essais qu'il a effectués avec ce ballon, du 8 octobre 1897 au 15 août 1898.

Le ballon a la forme d'un cigare pointu d'un seul bout, il supporte une poutre horizontale à laquelle sont fixees une sorte de chaise dans laquelle prend place l'aéronaute et des ailes que celui-ci fait mouvoir. Le ballon est gonflé avec de l'hydrogène.

Les essais qui ont été faits montrent que, par temps calme, il est possible de diriger le ballon à son gré. Lorsqu'il y a du vent il est impossible de remonter dans la direction d'où vient le vent, mais on peut louvoyer.

L'inventeur estime, que bien qu'il n'ait pu encore satisfaire tous les desiderata, son appareil, dont les brevets sont à vendre, ne peut manquer de se répandre et par suite de se perfectionner à cause de son bas prix, et de son extrême simplicité de construction.

Dizionario tecnico in quattro lingue (inglese-italiano-tedesco-francese), par E. Webber. Un volume cartonné, petit in-8, 659 pages. *Ulrico Hoepli*, éditeur, Milan, 1899. Prix, 6 lires.

Nous avons déjà signalé à nos lecteurs la mise en vente des trois premiers volumes de ce Dictionnaire technique italien-allemand-français-anglais, renfermant les significations dans ces quatre langues des mots techniques, rangés par ordre alphabétique, de l'une des trois premières.

Le volume qui vient de paraître et qui complète le Dictionnaire donne la signification des mots techniques anglais. Ceux-ci étant plus nombreux que les mots techniques des autres langues, les français, les italiens et les allemands ayant emprunté aux anglais beaucoup de leurs mots, le format et le prix de ce volume s'en sont ressentis. Ce sont d'ailleurs les seules différences qu'il présente avec ses aînés ; la disposition typographique en quatre colonnes sur deux pages, très commode pour la lecture, est restée la même. Quant à sa valeur technique ce n'est guère qu'à l'usage qu'on pourra la juger et ce volume est depuis trop peu de temps entre nos mains pour que nous ayons pu le faire ; toutefois il nous a paru qu'il ne le cédait en rien sous ce rapport aux volumes publiés antérieurement et les services que ceux-ci nous ont rendus nous permettent d'affirmer que tous ceux que leurs occupations mettent en devoir de lire la littérature technique étrangère trouveront grand profit à consulter ce dictionnaire.

L'Aluminio (L'aluminium), par Carlo Formenti. Un volume cartonné, petit in-8, 316 pages, 27 figures et 21 tableaux. *Ulrico Hoepli*, éditeur, Milan, 1899. Prix, 3.50 lires.

Dans ce volume se trouve méthodiquement rangé tout ce qui a rapport à l'aluminium. Dans le premier chapitre, l'auteur donne l'historique des tentatives faites pendant les trois premiers quarts de ce siècle pour obtenir l'aluminium, puis, dans le second chapitre, il indique les nombreux minéraux contenant ce métal.

Les deux chapitres suivants sont consacrés aux procédés employés pour la préparation de l'aluminium : les procédés chimiques et les procédés électriques. Ces derniers, fort nombreux, sont divisés en trois groupes ; dans le premier sont classés les procédés électrothermiques de Cowles, Heroult, Gérard-Lécuyer, Schneller et Astfalk, Bessemer, Brin, Farmer ; dans le second les procédés électrolytiques de Minet, Hall, Héroult-Kiliani, Douglas-Dixon, Kluner, Graetzel, Falk et Schlaag, Faure, Berg et divers autres ; enfin dans le troisième sont rangés quelques procédés ne rentrant qu'imparfaitement dans l'un ou l'autre des deux premiers, les procédés de Lacassagne et Thiers, de Pearson et Pratt, de Stefanite.

L'étude des propriétés de l'aluminium, de ses nombreux alliages et de quelques-uns de ses composés chimiques forme la matière des chapitres v, vi et vii.

Les nombreuses applications qu'a déjà reçues l'aluminium ou qu'il est apte à recevoir dans la marine, l'aéronautique, la métallurgie, la construction des voitures légères, etc., sont passées en revue dans le chapitre suivant.

Dans le neuvième chapitre l'auteur a rassemblé divers documents relatifs au prix de l'aluminium, à son laminage, sa trempe, ses dorure et argenture, sa soudure, son adhérence au verre, sa résistance chimique en présence des matières alimentaires, etc.

Le dixième et dernier chapitre est consacré à l'exposé de renseignements dont l'auteur n'a eu connaissance que pendant l'impression de son ouvrage.

On voit par ce rapide exposé que la monographie complète de l'aluminium se trouve dans ce petit volume, dont le texte compact a permis néanmoins de donner à chaque sujet un développement suffisant. Fait d'ailleurs très consciencieusement, comme l'indiquent les nombreux renvois bibliographiques qu'il renferme, cet ouvrage de la bibliothèque des Manuels Hoepli ne peut manquer d'avoir un succès assuré.

Nichelatura, argentatura, doratura, ramatura, metallizzazione (Nickelage, argenture, dorure, cuivrage, métallisation), par I. Ghersi. Un volume cartonné, petit in-8, 336 pages. *Ulrico Hoepli*, éditeur, Milan, 1899. Prix 3,50 lires.

Le recouvrement métallique des objets de toute nature que l'on veut préserver du contact de l'air ou auxquels on désire donner un aspect plus agréable à l'œil demande la connaissance d'un grand nombre de recettes qu'il est souvent fort difficile de rassembler. Tout ouvrage écrit sur ce sujet est donc certain de trouver de nombreux lecteurs, sinon pour l'ensemble, du moins pour quelques-uns de ses chapitres. Malheureusement, telle recette réputée aujourd'hui se trouve le lendemain remplacée par une autre donnant de meilleurs résultats et les livres de ce genre ne tardent pas à être démodés. C'est pourquoi, bien que la littérature technique française renferme un nombre assez respectable d'ouvrages sur le recouvrement métallique, nous engageons ceux que la question intéresse à lire celui que vient de faire paraitre l'ingénieur Ghersi sur ce sujet.

Cet ouvrage débute par quelques considérations sur le nettoyage et le polissage des objets métalliques à recouvrir. Puis sont examinées avec détails les diverses opérations du nickelage, de l'argenture et de la dorure, du cuivrage et du platinage ; puis, un peu plus brièvement, celles que nécessite l'obtention de dépôts de fer, d'étain, de zinc, d'aluminium, d'antimoine, de cadmium, etc., et enfin des alliages métalliques. Quelques pages sont consacrées à la métallisation des substances non conductrices. Ensuite vient un appendice où l'auteur donne quelques renseignements complémentaires sur la composition de quelques bains, les précautions à prendre dans certaines opérations, la fabrication électrolytique des miroirs paraboliques, la préparation des poudres métalliques par l'électrolyse, etc. La dernière partie de l'ouvrage est consacrée à l'indication de recettes et procédés divers relatifs à la purification des acides, ou montage des piles, à l'application des vernis, etc.

Colorazione e Decorazione dei Metalli per via chimica ed elettrica (Coloration et décoration des métaux par voies chimique et électrique), par I. Ghersi. Un volume cartonné, petit in-8°, 200 pages. *Ulrico Hoepli*, éditeur, Milan, 1899. Prix 2,5 lires.

Plus encore que pour le sujet précédent des recettes sont utiles pour la métallochromie. Le bronzage de l'aluminium, du fer, la platine du cuivre et de ses nombreux alliages exigent des procédés souvent peu connus qu'il est intéressant de trouver rassemblés. Ces diverses questions, et bien d'autres qu'il serait fastidieux d'énumérer, sont traitées dans l'ouvrage de M. Ghersi, que complète un appendice où sont données quelques indications sur les moyens de s'assurer de la pureté des matières premières utilisées.

La 591e livraison de la **Grande Encyclopédie** vient de paraître. Nous y remarquons entre autres les biographies de Nansen, l'explorateur bien connu, par M. Léon Sagnet ; celles de Napias, le nouveau directeur de l'Assistance publique, par M. le docteur Hahn ; des Napier, par M. R. Samuel, etc. La même livraison renferme en outre une belle monographie de la ville de Nantes, accompagnée d'un magistral article historique sur l'Edit de Nantes, par M. H. Vollet, que voudront lire tous ceux qui s'intéressent aux questions religieuses ; une magnifique description de la ville de Naples, par M. Pingaud, avec plan et illustrations ; enfin le commencement d'un important article sur Napoléon Ier, dû à la plume autorisée de M. H. Monin, professeur d'histoire au collège Rollin et à l'Hôtel de Ville de Paris.

Envoi franco d'un spécimen de 16 pages contre toute demande affranchie adressée à la Société de la *Grande Encyclopédie*, 61, rue de Rennes, Paris.

fonctionnait l'éclairage électrique. La Société régionale d'électricité vient d'informer ses abonnés que ces inconvénients proviennent de la mise en marche d'un nouveau groupe de machines qui a nécessité un bouleversement complet de l'installation. Le nouveau groupe comprend une machine à vapeur de 450 chevaux et une dynamo de 250 000 watts qui sortent des ateliers de la Société des moteurs, au Havre. Il représente à lui seul la puissance des autres machines déjà installées. La Société installe encore une nouvelle chaudière et vient d'augmenter la puissance des postes de transformateurs : ces installations, qui touchent à leur fin, complètent la série des agrandissements commencés il y a quelque temps par la pose d'une nouvelle canalisation.

— **Colmar**. — La société « Rheinische Schuckert Gesellschaft », qui construit le tramway des Trois-Épis et la station centrale de Turckheim, a remis à la municipalité de Colmar une demande de concession l'autorisant à fournir la lumière et la force électriques.

Si nous sommes bien informés, les électriciens se proposeraient aussi de prolonger le tramway de Turckheim jusqu'à Colmar et d'installer une ligne pour le service intérieur de la ville Si la ville y met cette condition, ils construiront une usine à Colmar pour la production de l'électricité, mais il ne faut pas perdre de vue qu'en se contentant d'une dérivation de la centrale de Turckheim, les prix de la lumière seront beaucoup moins élevés Les calculs que les auteurs du projet ont faits démontrent que, desservis par Turckheim, la lumière et l'énergie seraient de 20 p. 100 moins chers qu'à Strasbourg, et 25 p. 100 de moins qu'à Mulhouse.

L'usine de Turckheim fonctionnera l'été prochain pour le service du tramway des Trois-Épis. Elle fournira aussi la lumière à Turckheim, Wintzenheim, Wettolsheim, Eguisheim, Herrlisheim, Ingersheim, Niedermorschwihr, Katzenthal, Ammerschwihr, Kientzheim, Sigolsheim, Bennwihr, Mittelwihr, Bebelnheim, Hunawihr, Trois-Épis. Pour l'automne elle desservira en outre comme éclairage les communes de Bergheim, Saint-Hippolyte, Ribauvillé, Zellenberg, Hattstatt, Gueberschwihr, Vœklinshofen et Husseren.

Nous espérons que, tout en sauvegardant ses intérêts, la municipalité de Colmar fera bon accueil aux offres de la Compagnie Schuckert.

— **Gilley** (**Doubs**). — En suite d'un arrangement de la municipalité avec M. Planty, maître d'usine à Montbenoît, la commune de Gilley va être dotée de l'éclairage électrique. La pose des poteaux s'effectuera au printemps dès l'arrivée des premiers beaux jours.

— **Saint-Ideuc**. — Nous apprenons que l'éclairage électrique va très prochainement être établi à Saint-Ideuc.

— **Saint-Pétersbourg**. — La *Gazette de Francfort* publie la communication suivante : « La Nouvelle-Centrale de la Société pour l'éclairage électrique est constituée et a été admise sans observations le 19 novembre par l'autorité supérieure, et fonctionne régulièrement depuis le 20 novembre. Le réseau des anciennes et des nouvelles stations mis actuellement à la disposition de la centrale, ne comporte encore qu'un peu plus de 100 km, mais plus de 40 000 lampes fonctionnent régulièrement (Hélios renseigne pour son réseau de Saint-Pétersbourg 50,000 lampes par contrat; il y a quinze jours 40 000 seulement, mais les lampes par contrat ne sont pas encore en exploitation. Il est faux que le prix des anciennes machines et le réseau de l'éclairage électrique à Saint-Pétersbourg figurent au livre pour 2 millions et demi de marks. Ce prix est sensiblement inférieur; d'ailleurs, les anciennes stations ne représentent pas une valeur insignifiante. mais trouveront presque toutes une destination utile.

— **Saint-Vallier**. — Depuis quelque temps, la tuilerie mécanique de MM. Beaucarnand et Cie est éclairée à la lumière électrique.

Ces industriels ont fait établir sur le chemin vicinal n° 1, qui est très fréquenté, un phare lumineux qui rend de très grands services à la circulation.

Les habitants souhaitent que la lumière électrique se propage le plus rapidement possible.

— **Sud-Afrique.** — La question de l'éclairage électrique à Urtenhage est étudiée en ce moment. Une proposition a été faite pour utiliser la puissance hydraulique à la production du courant.

Le Conseil municipal de Blœmfontain a décidé d'étendre son contrat pour l'éclairage électrique avec MM. Reunert et Lenz à l'éclairage du bourg et de la ville entière. La dépense sera de 425 000 fr au lieu de précédemment 187 000 fr.

Le Conseil municipal de Johannesburg a accepté les propositions de MM. Siemens pour l'éclairage électrique de Old and New Doornfontain.

Une installation complète d'électricité a été faite à la mine d'or Dunraren, Rhodesia. A.

Société des omnibus et tramways de Lyon. — Les actionnaires sont convoqués en assemblée générale extraordinaire pour le 23 décembre courant avec l'ordre du jour suivant :

1° Approbation du traité intervenu entre la compagnie des omnibus et tramways de Lyon et la Société anonyme des tramways d'Écully ;

2° Nomination de commissaires vérificateurs à l'effet de faire un rapport sur les apports de la Société anonyme des tramways d'Écully ;

3° Augmentation du capital à raison de cet apport ;

4° Approbation du traité intervenu entre la Compagnie des omnibus et tramways de Lyon et la Compagnie du chemin de fer de Lyon à la Croix-Rousse ;

5° Nomination de commissaires vérificateurs à l'effet de faire un rapport sur les apports de la Compagnie de Lyon à la Croix-Rousse ;

6° Augmentation du capital à raison de cet apport.

Compagnie générale des travaux d'éclairage et de Force. — Le Conseil d'administration a l'honneur d'informer les souscripteurs d'actions de la nouvelle émission, que, dans sa dernière séance du 24 novembre 1898, il a décidé de faire l'appel des trois derniers quarts sur ses actions, soit 375 fr par action.

Les actionnaires qui désirent toucher intégralement le coupon de l'exercice 1898, auront à verser en même temps que le capital, l'intérêt des 375 fr à 5 p. 100, du 16 mai au jour où ils effectueront le versement.

Les versements devront se faire au siège social de la Compagnie générale des travaux d'éclairage et de Force, 23, rue Lamartine, à Paris, du 15 au 25 décembre prochain, de 10 heures à midi ou de 2 heures à 3 heures.

Compagnie universelle d'Acétylène. — En date du 11 août 1898, il a été formé entre MM. P. Lacroix, E. Capelle et A. Lacroix, une Société anonyme ayant pour objet :

1° La fabrication directe ou indirecte et l'exploitation, tant en France qu'à l'étranger, des appareils à acétylène connus sous le nom d'Héliogène, système Capelle-Lacroix, ou de tous autres appareils quelconques pour la production du gaz acétylène ;

2° La fabrication directe ou indirecte et l'exploitation, tant en France qu'à l'étranger, de tous brûleurs, appareils de chauffage ou d'éclairage, moteurs fixes ou mobiles, appareillage, robinetterie, etc., en un mot, de tous objets, machines ou appareils quelconques se rattachant à l'acétylène, comme application directe ou indirecte, que ces appareils, machines ou accessoires divers soient sa propriété ou qu'ils soient dans le domaine public ;

3° L'application directe ou indirecte du gaz acétylène, de ses dérivés ou de tout autre gaz à tous usages quelconques, publics, industriels, domestiques, etc., ainsi que la fabrication et l'exploitation, sous toutes formes, de tous produits pouvant être la conséquence de ces applications ;

4° La fabrication directe ou indirecte, et l'exploitation, tant en France qu'à l'étranger, de tous produits électrochimiques quelconques, et principalement du carbure de calcium, cette fabrication et cette exploitation pouvant s'étendre à tous corps ou produits issus du carbure de calcium et réciproquement. Dans ce dernier cas, la Société pourra fabriquer et exploiter le corps initial quel que soit son mode d'obtention ;

5° La recherche et l'exploitation directe ou indirecte de toutes concessions d'éclairage public ou privé, ainsi que de tous marchés ou traités, location de force motrice, etc., alors même que ces opérations s'appliqueraient à tous procédés autres que le

gaz acétylène, auquel cas la présente Société pourra se livrer directement ou indirectement à toute fabrication y relative;

6° La création pour son propre compte de bureaux, laboratoires et ateliers d'études théoriques et pratiques en vue de l'amélioration constante des procédés qu'elle possédera, de la création de nouveaux appareils au besoin, et de toutes études et recherches pouvant intéresser l'objet social;

7° La formation de succursales ou de Sociétés, tant en France qu'à l'étranger, en vue de l'exploitation de tout ou partie de son avoir, ou même, au besoin, la cession ou la vente de tout ou partie de cet avoir, à des Sociétés étrangères qu'elle autoriserait à l'exploiter pour leur propre compte; enfin, toute opération financière, industrielle, mobilière ou immobilière, pouvant à un titre quelconque intéresser l'objet social. La durée de la Société est fixée à 50 années, à compter du jour de sa constitution, sauf dissolution anticipée ou prorogation. Le capital social est fixé à 1 200 000 fr, représenté par 2 400 actions de 500 fr chacune. En représentation et pour prix des apports et cessions faits par MM. P. Lacroix, E. Capelle et A. Lacroix, il leur est attribué : 1° Deux cents actions de 500 fr chacune, entièrement libérées, à prendre dans les 2 400 formant le capital social; 2° une somme de 200 000 fr en espèces à prendre sur le capital à souscrire; 3° une part dans les bénéfices. Le montant des 2 200 actions à souscrire est payable à Paris, savoir : un quart, lors de la souscription; un second quart, un mois après la constitution de la Société; et le surplus, en vertu de délibérations du Conseil d'Administration, qui fixeront l'importance de la somme appelée, ainsi que les époques auxquelles les versements devront être effectués.

L'année sociale commence le 1er janvier et finit le 31 décembre. Le premier exercice comprendra le temps écoulé entre la constitution de la Société et le 31 décembre 1899. Les produits nets, déduction faite de toutes les charges, constituent les bénéfices. Sur ces bénéfices nets annuels il est prélevé : 1° 1/20 affecté au fonds de réserve légale; 2° la somme nécessaire pour fournir aux actions, à titre de premier dividende pour tenir lieu d'intérêt, 6 p. 100 des sommes dont elles sont libérées.

Après ces prélèvements, le surplus des bénéfices est réparti comme suit : 10 p. 100 au Conseil d'Administration; 60 p. 100 aux actions par parts égales; 30 p. 100 à MM. P. Lacroix, E. Capelle, A. Lacroix.

Sont nommés administrateurs pour une période de six années : MM. de Bellomayre, Hély d'Oissel, Lacroix, Noblemaire et Partiot.

L'Eclairage électrique. — L'assemblée générale ordinaire des actionnaires de la Société l'Eclairage électrique a eu lieu le 29 novembre.

Après avoir entendu la lecture des rapports du conseil et des commissaires, elle a approuvé dans toutes leurs parties les comptes de l'exercice 1897-1898 et fixé le dividende y afférent à 20 fr brut par action.

Elle a, en outre, réélu les deux administrateurs à fin de mandat et renouvelé pour l'exercice en cours les pouvoirs des commissaires des comptes.

Maison Bréguet. — Les actionnaires sont convoqués en Assemblée générale extraordinaire, le lundi 19 décembre 1898, à dix heures du matin, en l'hôtel des Ingénieurs civils, 19, rue Blanche.

Ordre du jour : addition à l'article 1er des statuts d'une disposition permettant à la Société la création d'autres sociétés et, éventuellement, approbation de résolutions autorisant la création d'une société spéciale.

Adjudications, avis, offres et demandes.

Les informations marquées (O. N. C. E.) sont des communications de l'Office national du Commerce extérieur.

(*S'adresser pour tous renseignements complémentaires au siège de l'Office*, 3, *rue Feydeau*.)

— **Cape-Town.** — Les tramways, l'éclairage, les téléphones et télégraphes ont été fournis par des maisons anglaises, allemandes et américaines; mais il y a quelques semaines, à l'instigation d'une importante maison française, il a été fait des démarches auprès des autorités compétentes du Cap pour appeler leur attention sur l'importance et la qualité des produits électriques provenant de l'industrie française. O. N. C. E.

— **Chine.** — Il y a un grand nombre de villes de plus d'un million d'habitants qui sont en même temps des centres industriels, où l'électricité pourrait être utilisée pour l'éclairage et la force motrice, mais il ne faut pas s'attendre à des adjudications publiques, attendu que cette méthode n'a jamais été appliquée en Chine.

Il est nécessaire d'avoir sur les lieux un agent muni de pouvoirs très étendus, qui présente les projets aux autorités locales et qui, après avoir traité avec elles, obtienne la ratification du traité par le Tsung-li-Yamen, au moyen de l'intervention de notre ministre à Pékin.

Un représentant de ce genre pour la Chine méridionale serait bien placé à Hong-Kong d'où il pourrait facilement rayonner sur la région environnante.

O. N. C. E.

— **Constanza (Roumanie).** — Il a été décidé que le port de cette ville serait éclairé au moyen de l'électricité. L'administration demande des soumissions pour l'adjudication des travaux.

— **Masamagnell (Espagne).** — La municipalité de cette petite ville de la province de Valence demande des soumissions pour la concession de l'éclairage électrique de la ville pendant quatre ans.

— **Paris.** — Une grande usine électrique de premier ordre cherche un représentant actif et connu pour la vente de ses produits en France et pour les colonies françaises.

Prière d'adresser les offres et références par écrit à M. Paul Uckermann, 5, cité Trévise, à Paris.

— **Valencia de Alcantara (Espagne).** — Des soumissions sont demandées pour la concession de l'éclairage électrique de la ville pendant vingt ans.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES

AE American Electrician (New-York).
A T Annales télégraphiques.
B S E Bulletin de la Société d'Encouragement.
D E L Die Elektrizitæt (Leipzig);
E Engineering (Londres).
E am The Engineering and Mining Journal (New-York).
E C L'Electrochimie.
E En The Electrical Engineer (New-York).
El The Electrician (Londres).
Elé L'Electricien.
E Ls L'Elettricista (Rome).
E M The Engineering Magazine (New-York).
E N A Elektrotechnischer Neuigkeits-Anzeiger (Vienne).
E R Electrical Review (Londres).
E T R Elektrotechnische Rundschau (Francfort-sur-Mein).
E T Z Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin).
E W The Electrical World (New-York).
Gc Le Génie civil.
I C Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.
Ie L'Industrie électrique.
I E C L'Industrie électrochimique.
I I Industries and Iron (Londres).
J EE Journal of the Institution of Electrical Engineers (New-York).
J P Journal de Physique.
J T Journal télégraphique (Berne).
N C Il Nuovo Cimento (Pise).
P C R Journal de la Société physico-chimique russe (Saint-Pétersbourg).
P M Philosophical Magazine (Londres).
P S L Proceedings of the Physical Society of London.
Rgds Revue générale des Sciences.
Ri Revue industrielle.
R L Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei (Rome).
R M Revue de mécanique.
R N Rendiconti dell'Accademia di Napoli.
S A Journal of the Society of Arts (Londres).
Sie Bulletin de la Société Internationale des Electriciens.
S R J Street Railway Journal (New-York et Chicago).
S S P Société française de physique.
T P Revue des Transports parisiens.
U E Bulletin des Usines électriques
Z E C Zeitschrift für Elektrochemie (Halle).
Z E T Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne).
W A Annalen der Physik und Chemie de G. et E. Wiedemann (Leipzig).

Théorie.

Théorie de l'électricité et de la chaleur ; E. Riecke (WA, p. 353 et 545, nos 11 et 12).
Théorie électromagnétique; Oliver Heaviside (El, p. 183, 2 décembre).
Différence de potentiel au contact des métaux et des liquides ; A. Heydweiller (W A, p. 535, n° 11).
Expériences de M. Ad. Meyer, de Stockolm, sur la résistance électrique entre deux boules d'acier ; F. Auerbach (W A, p. 745, n° 12).
Etude des solutions aqueuses et diluées de sel double par la méthode de conductibilité électrique ; J.-G.-Mac Gregor et E.-H. Archibald (P M, p. 509, décembre).
Complément au mémoire : Sur la dissolution de l'or et du platine dans les électrolytes ; M. Margules (W A, p. 540, n° 11).
Conditions de production de la décharge par les pointes ; E. Warburg (W A, p. 652, n° 12).
Propriétés de l'aigrette stratifiée se produisant à l'air libre ; M. Tœpler (W A, p. 660, n° 12).
Sur les conditions dans lesquelles se produit l'étincelle électrique ; B. Walter (W A, p. 636, n° 12).
Action du champ magnétique sur la décharge électrique dans l'air à la pression normale ; J. Precht (W A, p. 676, n° 12).
Remarque à la note de M. Schuster : Sur la déviation magnétique des rayons cathodiques ; W. Kaufmann (W A, p. 649, n° 12).
Oscillations électriques dans un barreau conducteur, d'après la théorie de Maxwell ; M. Abraham (W A, p. 435, n° 11).
Dispersion dans le spectre électrique ; E. Marx (W A, p. 411 et 597, nos 11 et 12).
Recherches expérimentales sur la dispersion électrique de quelques acides organiques et éthers et de dix variétés de verre ; K.-F. Löwe (W A, p. 390 et 582, nos 11 et 12).
Détecteur d'ondes électriques (E R, p. 812, 2 décembre).
Expériences sur les rayons de Becquerel ; Elster et Geitel (W A, p. 735, n° 12).
Sur la charge électrique des ions produite par les rayons Rœntgen ; J.-J. Thomson (PM, p. 528, décembre).
Machine électrique à influence ; W.-R. Pidgeon (P M, p. 564, décembre).
Sur le fonctionnement de la bobine d'induction ; B. Walter (W A, p. 623, n° 12).
Susceptibilité magnétique de quelques corps liquides et solides ; J. Kœnigsberger (W A, p. 698, n° 12).

Génération et distribution.

Moteurs thermiques et hydrauliques. — Les roues Pelton (E, p. 723, 2 décembre).
Machine à vapeur W.-H. Allen, Son and Cᵉ, verticale, compound et à grande vitesse (E R, p. 816, 2 décembre)
Epuration des eaux d'alimentation des chaudières par la chaleur (Gc, p. 72, 3 décembre).
Réchauffeur d'eau d'alimentation (E R, p. 818, 2 décembre).

Dynamos et moteurs électriques. — Sur le calcul des dynamos; Cecil-P. POOLE (E W, p. 555, 26 novembre).
Sur les causes des étincelles au collecteur et aux balais dans les dynamos à courant continu; Emil DICK (E T Z, p. 802, 1er décembre).
Sur les balais des dynamos (D E L, p. 559, 26 novembre).
Une dynamo de 3000 kilowatts (El, p. 194, 2 décembre).
Machine à courants alternatifs; Edwin-J. HOUSTON et A.-E. KENNELLY (E W, p. 533, 19 novembre).
Convertisseurs rotatifs (El, p. 228 et 231, décembre).
Convertisseurs rotatifs; Silvanus-P. THOMPSON (El, p. 190, 2 décembre, E R, p. 843, 2 décembre, I I, p. 486, 2 décembre).
La théorie des transformateurs rotatifs; Gisbert KAPP (El, p. 229, 9 décembre).
Les machines à courant alternatif, commutatrices; Eugène MIOT (Élé, p. 363, 3 décembre).
Sur un moteur à courants triphasés avec induit à enroulement monophasé; Hermann CAHEN (E T Z, p. 819, 8 décembre).
Quelques grands moteurs d'induction (El, p. 222, 9 décembre).
Sur quelques applications des moteurs à courants alternatifs simples (E R, p. 827, 2 décembre).

Piles et accumulateurs. — L'accumulateur Fulmen et les voitures électriques (E N A, p. 133, décembre).
Appareil de contrôle automatique pour l'état de charge des batteries d'accumulateurs (E T R, p. 56, 1er décembre).
Concours international d'accumulateurs pour voitures automobiles (Gc, p. 93, 10 décembre).
L'usine de la Hirschwanger Akkumulatorenfabriks Gesellschaft, Scholler et Cie (E N A, p. 127, novembre).

Stations génératrices et installations. — Les forces motrices hydrauliques du Dauphiné et de la Savoie. L'installation hydro-électrique de Lancey (E C, p. 153, novembre).
L'usine hydro-électrique de Grenade (E C, p. 156, novembre).
L'usine génératrice de Les Clees Yverdon; J. LAFFARGUE (E W, p. 552, 26 novembre).
La station génératrice d'Altona de la Elektricitaets Aktiengesellschaft de Nuremberg (E, p. 741, 9 décembre).
Installation d'éclairage électrique du tramway de Vienne; W. KOULA (E T Z, p. 798, 1er décembre).
L'éclairage électrique de Châtel-Saint-Denis et des environs (Suisse); R. B. R. (Ie, p. 498, 25 novembre).
La nouvelle station génératrice de la Compagnie d'éclairage de Boston (E W, p. 523, 19 novembre).
Les usines de la General Electric à Schenectady; GALLUS (Élé, p. 382, 10 décembre).
Les ateliers de construction des moteurs Langdon-Davies (El, 2 décembre; E R, p. 813, 2 décembre).
Les ateliers de la Elektricitaets-Aktiensgesellschaft à Nuremberg (E, p. 703, 2 décembre).
Rapports d'usines électriques (El, p. 196, 2 décembre).
La tarification de l'énergie électrique; G. PELLISSIER (Sie, p. 395, novembre).

Distribution.

La transmission de l'énergie par l'électricité; George FORBES (S A, p. 25, 25 novembre; E R, p. 844 et 879, 2 et 9 décembre; El, p. 233, 9 décembre).
La transmission de l'énergie par courants à haute tension; Chas.-F. SCOTT (E W, p. 557, 26 novembre).
La transmission électrique par courants polyphasés; F. WALLIS (El, p. 219, 9 décembre).
Sur les systèmes usuels de distribution de courants alternatifs mono et polyphasés; Thomas MARCHER (E T R, p. 53, 1er décembre).
Étude sur la transmission et la distribution de l'énergie par les courants alternatifs; Maurice LEBLANC (Sie, p. 416, novembre).
Utilisation des forces naturelles pour la production de la force électrique et sa transmission et distribution sur l'endroit d'exploitation d'une usine; C. ALDT (E T R, p. 56, 1er décembre).
Le réglage de la tension sur un réseau à trois fils à courants continus; C.-Del. PROPOSTO (E T Z, p. 825, 8 décembre).
Transmission à distance par les ondes hertziennes; TESLA (E W, p. 527, 19 novembre).

Appareillage. — Interrupteur automatique (E T R, p. 56, 1er décembre).
Appareil pour l'allumage automatique des lampes électriques de tableaux réclames (D E L, p. 557, 26 novembre).
Quelques appareils électriques de fabrication française (E W, p. 528, 19 novembre).

Applications mécaniques.

Les charrues électriques (E N A, p. 125, novembre).
Application de la puissance électrique aux pompes; S. H. BRUNNELL (E M, p. 129, décembre).
Projet de changement de marche du courant pour le fonctionnement des indicateurs de chemins de fer; P. HOFER (E T Z, p. 807, 1er décembre).
La transmission de l'énergie dans les mines (El, p. 225, 9 décembre).
Applications mécaniques des courants alternatifs à la fabrique alimentaire de Fuller à Hammersmith (I I, p. 511, 9 décembre).
Transport électrique des livres à la bibliothèque publique de Chicago (E T Z, p. 807, 1er décembre).

Traction.

Nouvelle prise de courant pour traction électrique; P. LETHEULE (Élé, p. 379, 10 décembre).
Description d'une méthode graphique du rendement brut d'une voiture de tramway électrique; Wilhelm MATTERSDORFF (E T Z, p. 823, 8 décembre).
Les wagons électriques du chemin de fer de Bad-Aibling-Feilnbach (E T Z, p. 821, 8 décembre).
L'emploi des compteurs d'énergie sur les voitures de tramways électriques; E.-G. CONNETTE (E N A, p. 136, décembre).
Sur les feeders de retour dans les tramways électriques; Bohm RAFFAY (E N A, p. 110, octobre; p. 122, novembre).
Locomotive électrique à grande vitesse de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée (Ri, p. 483, 3 décembre).
Les chemins de fer de l'Oberland bernois (Gc, p. 74, 3 décembre).

Les tramways électriques d'Elbeuf (Elé, p. 366, 3 décembre).
Les tramways électriques de Vienne (D E L, p. 563, 26 novembre).
Statistique des tramways électriques autrichiens en 1897 (Z E T, p. 571, 27 novembre).
Électrolyse des conduites d'eau à Dayton (Ohio); Harold-P. Brown (I I, p. 497, 2 décembre).
Automobiles électriques (E R, p. 829, 2 décembre).
La conduite des automobiles ; J. Sahulka (Z E T, p. 572, 27 novembre).
Station centrale de voitures électriques à New-York (Gc, p. 84, 10 décembre).
Traction électrique sur les canaux ; A.-H. Allen (E, p. 728, 2 décembre).

Télégraphie et téléphonie.

Appareil télégraphique imprimant Higgins (El, p. 223, 9 décembre).
Sur l'application de la loi K. R. en télégraphie, en Amérique (E R, p. 812, 2 décembre).
Le développement de la télégraphie sous-marine en un quart de siècle ; Charles Bright (E M, p. 417, décembre).
Nouvelles recherches sur la télégraphie par la lumière électrique ; K. Zickler (E T Z, p. 826, 8 décembre).
Nouvelle application de la télégraphie sans fil (D E L, p. 561, 26 novembre).
Les télégraphes et les téléphones dans la Grande-Bretagne pendant l'année financière du 1[er] avril 1897 au 31 mars 1898 (J T, p. 241, 25 novembre).
Les télégraphes et les téléphones des Indes britanniques pendant l'année 1896-1897 (J T, p. 251, 25 novembre).
Statistique comparative de 1897 (J T, p. 244, 25 novembre).
Notes sur la téléphonie moderne : sur les bureaux centraux téléphoniques et leur organisation au point de vue technique ; Barth von Wehrenalp (Z E T, p. 565, 27 novembre).
L'emploi du téléphone est-il nuisible à la santé ? Aloys Nistler (D E L, p. 558, 26 novembre).

Éclairage.

Lampe électrique double pour mines (E N A, p. 137, décembre).
Charbons pour éclairage électrique et autres usages ; Francis Jehl (El, p. 217, 9 décembre).
Observations sur l'apparence de courants continus entre les électrodes de diverses natures d'un arc à courant alternatif ; Ludwig Kallir (Z E T, p. 568, 27 novembre).
Notes sur l'éclairage et la traction électrique (El, p. 199, 2 décembre).

Électrochimie.

Quelques remarques sur l'industrie électro-chimique (I I, p. 514, 9 décembre).
Les fours électriques ; F.-Jarvis Patten (E W, p. 413, 22 octobre).
L'industrie du carbure de calcium (E, p. 753, 9 décembre).
La fabrication du carbure de calcium en Angleterre (I I, p. 516, 9 décembre).
L'aluminium rival du cuivre et du laiton pour les conducteurs d'électricité (E C, p. 161, novembre).
Production de l'aluminum (E C, p. 160, novembre).
Traitement des minerais de nickel et raffinement du métal ; Titus Ulke (E M, p. 451, décembre).
Le raffinage électrique du cuivre ; A. Z. (Ie, p. 499, 25 novembre).
L'obtention de dépôts métalliques par l'arc voltaïque (D E L, p. 561, 26 novembre.
Influence de l'électricité sur le développement des végétaux ; Sélim Lemstrom (E R, p. 841, 2 décembre).

Mesures.

Le compteur Vulcain (Ec, p. 164, novembre).
Ampèremètres et voltmètres thermiques combinés ; Michael-B. Field (E R, p. 811 ; 2 décembre).
Nouvel appareil pour la détermination de l'hystérésis du fer servant à la construction des dynamos et autres appareils électriques (E N A, p. 111, octobre).

BIBLIOGRAPHIE

Annuaire du Bureau des longitudes (année 1899). Un vol. in-18 compact de VI-784 p., avec 2 cartes magnétiques. *Gauthier-Villars et fils*, éditeurs. Prix 1 fr. 50 (franco, 1 fr. 85.)

Ce petit volume compact contient, comme toujours, une foule de renseignements indispensables à l'ingénieur et à l'homme de science. Les notices de cette année sont : *Sur les ballons-sondes*, par Bouquet de la Grye ; la *Géodésie moderne en France*, par le colonel Bassot ; le *Sidérostat à lunette de 60 m. de foyer et de 1 m. 25 d'ouverture*, par P. Gautier ; les *Travaux au Mont-Blanc en* 1898, par J. Janssen.

La notice de M. Gautier présente un intérêt d'actualité ; elle donne, en effet, la description du puissant instrument d'optique qui, sur l'initiative de M. François Deloncle, est construit en vue de l'Exposition de 1900 par M. Gautier. La grande distance focale adoptée pour cet instrument, en rend la construction assez difficile. Des planches accompagnant le texte de la notice en font connaître les parties essentielles.

Automobiles sur routes, par L. Périssé. Un volume petit in-8°, de l'Encyclopédie des aide-mémoire, 206 p., 57 fig. *Gauthier-Villars et fils*, éditeurs. Prix : broché, 2 fr. 50 ; cartonné, 3 fr.

Après un historique de la question de l'automobilisme, M. Périssé aborde l'étude des différents mécanismes de propulsion adoptés par les constructeurs en en recherchant les avantages et les inconvénients. La description du principal organe, le moteur, est précédée d'un aperçu théorique du mode de fonctionnement des moteurs à vapeur et des moteurs à pétrole ; pour le moteur électrique l'auteur renvoie aux différents ouvrages de l'Encyclopédie où ce moteur a été étudié. Après la description des principaux moteurs, vient celle des transmissions et accessoires : transmissions par engrenages, par friction, embrayage différentiel, direction, etc.

La seconde partie de l'ouvrage est consacrée à la description des principaux types de voitures. Elle est divisée en trois chapitres traitant respectivement des voitures de tourisme ou de promenade, des véhicules pour le transport en commun des voyageurs, des véhicules pour le transport des marchandises ; chacune de ces classes de véhicules est divisée en trois groupes : les véhicules à vapeur, les véhicules à pétrole et les voitures électriques.

L'ouvrage se termine par quelques considérations sur les avantages et inconvénients de chacun des trois modes de propulsion ; elles nous ont paru exemptes de parti pris, fait assez rare dans les livres qui ont été écrits récemment sur l'automobilisme pour mériter d'être signalé. Aussi croyons-nous devoir recommander celui-ci à ceux de nos lecteurs qui veulent avoir des indications générales et sincères sur ce sujet d'actualité.

Automobiles sur rails, par G. Dumont, ingénieur des arts et manufactures. Un vol. petit in-8° de l'Encyclopédie des aide-mémoire, 184 p., 57 fig. *Gauthier-Villars et fils*, éditeurs. Prix : broché, 2 fr. 50 ; cartonné, 3 fr.

En écrivant cet ouvrage, l'auteur s'est donné pour but de passer en revue les différents moyens mécaniques qui sont actuellement employés pour la traction des voitures de tramways.

Après quelques renseignements historiques et des considérations générales, comme celles relatives à la capacité des voitures, l'auteur étudie successivement les divers modes de traction.

Dans le chapitre 1er, consacré à la traction par moteurs à vapeur, sont décrits les systèmes Rowan, Serpollet, etc. ; on y trouve quelques indications sommaires sur les moteurs à vapeur applicables à la traction ; la description des systèmes sans foyer termine cet exposé. Le deuxième chapitre, relatif à la traction par moteurs à air comprimé, donne la description des deux principaux systèmes employés : Mékarski et Popp-Conti. La traction par moteurs à gaz et à pétrole fait l'objet du troisième chapitre et contient une description sommaire des voitures employées en Allemagne et en France. Quelques indications sont données dans le chapitre suivant, sur la traction par moteurs à anhydride carbonique, employée aux Etats-Unis. Le cinquième chapitre décrit différentes solutions adoptées pour l'application des moteurs à ammoniaque aux tramways. La traction funiculaire est examinée brièvement dans le chapitre suivant. Enfin, une étude aussi complète que le permet le petit format du livre, termine la partie descriptive de l'ouvrage.

Une indication sommaire de quelques prix de revient d'après l'ouvrage récent de M. Godfernaux, la reproduction de quelques documents administratifs relatifs à la question et enfin un index bibliographique complètent l'ouvrage.

Mémoires originaux des créateurs de la photographie, annotés et commentés par R. Colson, capitaine du génie, répétiteur de physique à l'Ecole polytechnique. Un vol. in-8°, 186 p. *Georges Carré et C. Naud*, éditeurs. Prix, cartonné, 6 francs.

Il est souvent très difficile de se procurer les mémoires originaux des fondateurs d'une science et cependant il est toujours utile et parfois indispensable de les consulter. Un ouvrage donnant, sinon la reproduction intégrale, du moins des extraits fort étendus de ceux qui se rapportent à une même branche de connaissances humaines ne peut donc que rendre des services à ceux qui s'occupent de cette branche. Déjà, pour ce qui concerne les sciences physiques, la Société française de physique a réuni dans sa *Collection des mémoires relatifs à la physique*, qui comprend actuellement 5 volumes, les mémoires fondamentaux de Coulomb et ceux relatifs à l'électrodynamique et au pendule. Mais il est bien d'autres branches pour lesquelles rien de semblable n'a été encore fait.

Le volume que vient de publier M. Colson forme le premier volume d'une collection de mémoires originaux, destinée à combler cette lacune de notre littérature scientifique. Pour cette raison il méritait d'être signalé dans ce journal, car il est à espérer que si les photographes sont les premiers à profiter de cette heureuse innovation, les électriciens en profiteront également quelque jour.

D'ailleurs on peut être électricien et s'intéresser à la photo-

graphie. Aussi ajouterons-nous, pour ceux de nos lecteurs qui s'occupent de photographie, qu'ils trouveront dans l'ouvrage de M. Colson des extraits des mémoires originaux de Nicéphore Niepce, Daguerre, Bayard, Talbot, Niepce de Saint-Victor et Poitevin, avec de nombreuses annotations dues à la plume autorisée de M. Colson.

Les gaz de l'atmosphère par William Ramsay. Un volume in-8° carré de 194 p., avec 6 fig., cartonné à l'anglaise. *G. Carré et C. Naud*, éditeurs. Prix : 5 francs.

Le bon renom qui s'attache aux publications de la *Bibliothèque de la Revue générale des sciences*, laquelle, nous sommes heureux de le rappeler ici, a débuté par la publication de l'ouvrage de notre collaborateur M. Pellissier, sur *l'Eclairage à l'acétylène*, nous engage à dire quelques mots du volume de M. Ramsay, publié par cette Bibliothèque, bien que le sujet qu'il traite soit en dehors des matières qui sont envisagées d'ordinaire dans ce journal. D'ailleurs l'étude approfondie d'une branche des connaissances humaines ne permet pas, nous semble-t-il, de se désintéresser complètement des grandes découvertes effectuées dans les branches connexes et nous croyons que beaucoup d'électriciens liront avec intérêt le volume de M. Ramsay, dont le nom est, avec celui de Lord Rayleigh, attaché à la découverte de l'argon. Nous nous dispenserons toutefois, d'insister sur le contenu de l'ouvrage et nous nous bornerons à dire, à ce propos, que l'auteur, après avoir exposé la théorie du phlogistique, la découverte de l'oxygène par Scheele, Priestley et Lavoisier, les recherches de Cavendish sur ce gaz et sur l'air, s'étend longuement sur les essais qui ont amené lord Rayleigh et lui à la découverte de l'argon, sur les expériences qui ont permis de connaître quelques-unes des propriétés de ce gaz, et enfin sur la place que doit occuper l'argon parmi les éléments. Ajoutons que tout l'ouvrage est écrit dans un style très attrayant, que le traducteur, M. Georges Charpy, a su rendre en même temps très clair.

L'incendie, ce que l'on doit savoir, ce que l'on doit faire. — La voie publique, ses accidents, leurs secours. — Arrêtés et ordonnances de 1897, par Félicien Michotte, ingénieur des arts et manufactures. Un volume petit in-8°, 280 p. *Office technique*, 41, rue Condorcet. Prix : 2 fr. 50.

Ouvrage utile, car il est évident que bien des accidents resteraient sans gravité si les témoins savaient ce qu'ils doivent faire en pareil cas; ouvrage intéressant en même temps, car il donne sous une forme très assimilable un grand nombre de renseignements.

Comme le titre l'indique, l'ouvrage est divisé en trois parties. La première, la plus importante est consacrée à l'incendie; les causes de l'incendie, les précautions à prendre pour l'éviter, les mesures nécessaires pour empêcher son extension; enfin la manière dont on doit effectuer ou organiser le sauvetage, sont autant de sujets qui y prennent place. La seconde partie s'occupe de la voie publique; bon nombre d'observations et de conseils judicieux y sont indiqués. Enfin dans la troisième partie, l'auteur a reproduit les textes des arrêtés et ordonnances de police pris en 1897 et relatifs à la sécurité publique.

Jahrbüch der Elektrochemie (*Berichte über die Fortshritte, des Jahres*, 1897). IV Jahrgang. — Annuaire de l'électrochimie (rapport sur les progrès réalisés dans l'année 1897), 4e année, par Nernst et Borchers. Volume in-8° de 441 p. *Knapp*, éditeur à Halle (Saxe).

Cet annuaire, comme ceux qui l'ont précédé est un rapport très complet des travaux réalisés en électrochimie au cours de l'année précédente. Il se divise en deux parties : *l'électrochimie scientifique* et *l'électrochimie appliquée*.

Dans la première partie, les auteurs traitent des théories électrochimiques dans ce qu'elles ont eu de nouveau, ainsi que des expériences qui ont servi à illustrer ces théories dans un certain nombre de cours et de conférences. On trouve également dans cette première partie les nouvelles méthodes de mesure relatives aux différents facteurs entrant dans les diverses expressions de l'énergie électrochimique (conductibilité, dissociation, polarisation, etc...), ainsi que l'application de l'électrolyse à l'analyse chimique.

La deuxième partie a trait aux diverses applications scientifiques et industrielles de l'électrochimie. On y trouve les progrès réalisés dans les générateurs électrochimiques du courant électrique (accumulateurs, piles, etc.), dans les forces électriques, dans la préparation des métalloïdes et des métaux, des composés organiques et inorganiques; disons à ce sujet que l'électrométallurgie ainsi que la fabrication industrielle des alcalis et du chlore, des acides et des bases comportent des détails circonstanciés. Nous ne pouvons songer à signaler ici tous les points traités dans cet annuaire si documenté ; nous citerons cependant encore les applications de l'électrolyse au blanchiment, à la désinfection, à la galvanoplastie; et la description d'appareils nouveaux très variés, utilisés en électrochimie (électrodes perfectionnées, diaphragmes, etc.).

Malgré le grand développement donné dans cet ouvrage aux diverses branches de l'électrochimie, les auteurs se sont efforcés de ne parler que des sujets qui réalisent un véritable progrès en électrochimie ; aussi ont-ils laissé de côté toutes les découvertes et inventions nouvelles qui semblent, pour le moment du moins, ne présenter qu'un intérêt secondaire.

A. Hollard.

Electricité; par Edouard Dacremont. Un volume in-8° de 500 p. avec 276 fig. Prix, broché, 12 francs. *Ve Ch. Dunod*, 49, quai des Grands-Augustins.

Nuovo tipi di apparecchi di scaricamento nei porti; par Edmondo Bergatti et Pietro Lanino. Un ouvrage in-8° de 72 p. *Tipografia del Genio civile*. Rome, 1898.

Sull'applicazione della trazione elettrica all'esercizio ferroviario, note de E. Cairo et P. Lanino. Un fascicule de 20 p., avec 4 fig. *Tipografia degli Ingegneri*, 9, Via Unione, Milan, 1898.

On lira avec intérêt, dans la 592e livraison de la **Grande Encyclopédie**, qui vient de paraître, la fin du magistral article consacré à Napoléon Ier. — Immédiatement après vient une longue étude historique, très complète, de M. A. Debidour, sur Napoléon III, son règne, sa politique, etc. Du même auteur la biographie de Naquet. A signaler encore, parmi les articles contenus dans cette livraison : Narbonne; Narcéine (chimie et physiologie), par MM. Matignon et Cabanès; Narcisse (mythologie et botanique), par MM. Baudrillart et Hahn; Narration, par M. A. Gazier, etc. etc.

Envoi franco d'un spécimen de 16 pages contre toute demande affranchie adressée à la Société de la *Grande Encyclopédie*, 61, rue de Rennes, Paris.

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, 58 bis, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.

245 985. **Société G. Aboilard et Cie.** 9 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 20 mars 1885 pour réseau téléphonique à source d'électricité centrale.

270 215. **Paul Jean et A. Bouchon.** 11 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 6 septembre 1897 pour perfectionnements dans les positifs d'illuminations par lampes électriques.

271 186. **Mersch.** 2 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 11 octobre 1897 pour nouveau système de lampe à arc.

273 980. **Villy.** 7 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 11 janvier 1898 pour un nouveau compteur horaire d'électricité.

279 011. **Houry et Cie.** 2 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 18 juin 1898 pour des perfectionnements apportés aux câbles ou conducteurs isolés pour connexions électriques.

279 499. **Sill.** 5 juillet 1898. — Perfectionnements apportés aux chauffoirs électriques rhéostats, etc., à résistance réduite pour le courant électrique.

279 510. **Kamm.** 5 juillet 1898. — Perfectionnement dans les télégraphes imprimeurs.

279 5?2. **De Marcay** 7 juillet 1898. — Perfectionnement aux lampes à incandescence à réflecteur intérieur.

NOUVELLES

Société française de physique. — L'ordre du jour de la séance de vendredi dernier indiquait deux communications : l'une de M. DUSSAUD sur *les reliefs mobiles et les aveugles* et sur *le microphonographe et les sourds ;* l'autre de M. DUCRETET sur *un appareil portatif pour recevoir les signaux hertziens lancés dans l'espace.*

Dans la première, l'auteur a décrit les appareils que nous avons signalés dans les numéros de ce journal du 24 septembre (t. XVI, p. 560) et du 17 décembre (t. XVII, p. 504). Dans la seconde, M. Ducretet fait connaître les résultats des expériences faites entre la tour Eiffel et le Panthéon dont nos lecteurs trouveront un résumé dans le numéro du 26 novembre (t. XVII, p. 381).

Nous nous bornerons donc à dire que les expériences faites par M. Dussaud avec son microphonographe et par M. Ducretet avec son appareil portatif ont parfaitement réussi.

L'industrie du carbure de calcium. — Dans un de ses derniers numéros *Engineering* publie un intéressant article indiquant d'une façon à la fois très succincte et très complète l'état actuel de l'industrie du carbure de calcium, ainsi que les travaux récents auxquels ce corps et son dérivé, l'acétylène, ont donné lieu ; nous ne pouvons mieux faire que de reproduire le passage suivant :

I. PRODUCTION DU CARBURE DE CALCIUM. — La production totale du carbure de calcium dépasse maintenant de beaucoup la consommation, bien que, à cause des règlements sévères qui entravent son transport par chemin de fer, la demande soit encore supérieure à l'offre dans certaines régions éloignées des centres de production. Aussi de grandes quantités de carbure s'accumulent dans les usines et il n'est pas douteux que lorsque les nombreuses usines que l'on construit actuellement seront en exploitation il n'y ait une baisse considérable des prix de vente. Déjà le prix de la tonne, qui était d'environ 475 fr à la fin de l'année dernière, est tombé, en France, à 350 fr. Comme le prix de revient est de 200 à 300 fr suivant le prix de l'énergie électrique et la puissance de l'installation, on voit que le bénéfice a considérablement diminué.

On évalue à 32 le nombre des usines à carbure, réparties comme l'indique le tableau suivant :

Etats-Unis, 4 : Niagara (2), Appleton, Sault-Sainte-Marie.

Canada, 1 : Sainte-Catherine.

Grande-Bretagne, 3 : Foyers, Birmingham, Ingleton.

France, 10 : la Bathie (2), Bellegarde, Saint-Beron, N.-D.-de-Briançon, Froges, Sechilienne, Chapareillon, Lancey, Campagna.

Allemagne, 4 : Francfort, Bitterfeld, Rheinfelden, Augsburg.

Suisse, 5 : Neuhausen, Valorbes, Vernier, Vernayaz.

Italie, 3 : San Martino, Papigno, Ivrea.

Espagne, 1 : sur l'Ebre.

Suède, 1 : Trolhatten.

Belgique, 1 ; Bruxelles.

Ces diverses usines ont une puissance de protion très inégale ; les plus importantes sont celles de Niagara. D'après Cowles (*The mineral industry Annual, 1897*) ces dernières ont produit 1 250 tonnes de carbure en 1897 ; la même année l'usine de Sault-Sainte-Marie en a produit 267 tonnes, celle d'Appleton 200 et celle de Sainte-Catherine 565, donnant ainsi un total de 2 252 tonnes pour la production américaine, tandis que la production anglaise, à Foyers, n'était que 357 tonnes.

La puissance actuelle des usines de Niagara est évaluée à 10 000 tonnes par an ; mais il est certain que ces usines ne fonctionnent pas d'une manière continue.

En Angleterre deux usines ont été récemment mises en exploitation, l'une, de 400 chevaux, à Cradley Heath, près de Birmingham (*Journ. of Acetylene*, juin 1898); l'autre, de 200 chevaux, à Ingleton

(*Electrician*, 9 septembre 1898) ; dans les deux l'énergie motrice est fournie par des moteurs à vapeur. L'usine plus ancienne de Foyers pourrait, d'après Cowles (*The Mineral Industry 1897*), produire 16 tonnes de carbure par semaine, mais la vente n'atteint pas ce chiffre. D'ailleurs, pour des raisons encore inconnues, l'Acetylene Illuminating company, propriétaire de cette usine, a l'intention de l'installer ailleurs.

La nouvelle usine de la Wilson Aluminium Company construite à Lynchburg (Virginie) pour remplacer l'usine de Spray, détruite par un incendie, contient des fours capables d'absorber une puissance de 2 700 chevaux fournie par une chute d'eau voisine, et de produire 10 tonnes de carbure par jour (*Engineering News*, 14 avril 1898).

L'usine de la Neuhausen Aluminium Company, à Bitterfeld, est maintenant en exploitation ; 5 000 chevaux sont utilisés pour la fabrication de l'aluminium et du carbure de calcium ; le prix de revient du cheval électrique est évalué à 50 fr (*Industries and Iron*, 30 septembre 1898).

Les usines espagnoles, sur l'Ebre, permettront de fabriquer annuellement 30 000 tonnes de carbure quand elles seront terminées (*L'Industrie électrochimique*, t. Ier, p. 64) ; mais il est à craindre que cette énorme quantité de carbure ne trouve pas de débouchés.

L'usine de San Martino, en Italie, doit fonctionner à partir de février prochain ; 1 000 chevaux seront utilisés (*L'Aluminium*, juin 1898).

A l'usine de Chedde, dans la Haute-Savoie, la puissance employée à la fabrication du carbure est, paraît-il, de 3 200 chevaux (*L'Industrie électrochimique*, t. Ier, p. 63). A la Praz, une puissance de 3 000 chevaux est utilisée à la fabrication de l'aluminium et du carbure de calcium ; c'est dans cette usine que l'on trouve les dynamos unipolaires les plus puissantes : 15 000 ampères sous 40 volts (*Progressive Age*, 15 mars 1898).

Les usines de Sault-Sainte-Marie et de Niagara doivent être considérablement agrandies ; la puissance de la première doit être portée à 20 000 ch. (*Electrical World*, 6 août 1898. *L'Eclairage Electrique*, t. XVII, p. 246) ; la puissance des usines de Niagara doit être augmentée de 5 000 ch. (*Electrical Engineer*, New-York, 13 octobre 1898).

D'autres usines sont actuellement en construction ; en voici la liste :

Etats-Unis, 2 : Holcombe Rock, Va., 2 400 ch., hydraulique ; Hinton, V., 1 200 ch., hydraulique.

Canada, 1 : Three Rivers, près Québec.

Angleterre, 1 : Birmingham, à vapeur.

France, 4 : Saint-Etienne, Epierre, Chute-du-Giffre, Serres.

Allemagne, 1 : Meran, 2 500 ch., hydraulique.

Suisse, 3 : Gampel, 2 500 ch., hydraulique ; Via Mala, 6 000 ch., hydraulique ; Klosters.

Espagne, 1 : Briga, 2 500 ch.

Bosnie, 1 : Jajce, 5 000 ch.

Norwège, 1 : Sarpsberg, 5 000 ch., hydraulique.

Quand ces différentes installations, pour lesquelles la maison Schuckert, de Nuremberg, a fourni 20 500 chevaux de matériel, seront en exploitation, la production annuelle de carbure se trouvera augmentée d'au moins 22 000 tonnes.

Encore faut-il ajouter à ces quinze nouvelles usines trois autres, construites en Autriche par la société de l'Aluminium, de Neuhausen ; la maison Schuckert, de Nuremberg, et la Compagnie du gaz acétylène, de Vienne.

[D'après *Industries and Iron*, du 9 décembre, il conviendrait d'ajouter quatre autres usines anglaises qui sont en projet. L'une, appartenant à MM. Read, Holliday and Sons, serait construite à Huddersfield ; une seconde, à Sheffield, par MM. Tinker, Holliday and Co ; les deux autres, à Smallheath et à Woodside, par la Birmingham Carbide Company (*Trad.*).]

Il n'est donc pas douteux que dans un avenir très prochain la production de carbure dépassera énormément les besoins de la consommation et que beaucoup de capitaux se trouveront inutilement engloutis avant qu'il y ait une proportion raisonnable entre la demande et l'offre. Déjà le *Western Electrician*, du 26 mars, annonçait que la Electro Gas

Lampes à Arc JANDUS

La **LAMPE à ARC JANDUS** est la première et la seule réellement pratique des lampes en vase clos. Elle donne une lumière plus douce, plus diffuse et plus blanche que ne le peuvent faire les lampes à arc ouvert et augmente de 20 fois la durée des charbons.

La **LAMPE à ARC JANDUS** n'a ni mouvement d'horlogerie, ni cliquets, ni ressorts, ni cordes, mais une seule pièce mobile en acier coulé pesant 1 k. 200 et dont le mouvement vertical sans friction ne dépasse pas 3 centimètres.

La **LAMPE à ARC JANDUS** brûle seule en dérivation sur courants de 100 à 200 volts sans perte d'énergie, ce qui supprime l'obligation d'avoir 2, 3, 4 ou 5 lampes en série.

La **LAMPE à ARC JANDUS** ne nécessite pas de coûteux et volumineux rhéostats extérieurs, étant complète en elle-même et se monte aussi aisément qu'une lampe à incandescence.

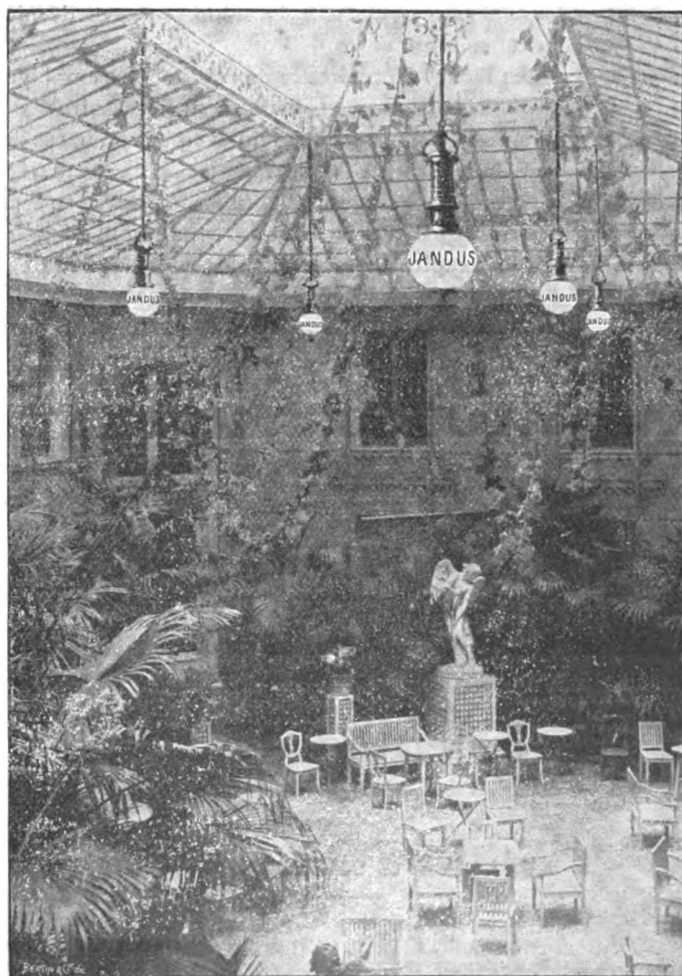
La **LAMPE à ARC JANDUS** économise de 60 à 85 francs par lampe et par an, en charbons et manutention, fait reconnu par les nombreuses Cies Edison dans le monde, qui emploient des milliers de nos lampes, lesquelles durent de 125 à 230 heures suivant l'énergie utilisée.

La **LAMPE à ARC JANDUS** est approuvée et employée par 10 gouvernements, 40 expositions, 100 bâtiments publics, 300 municipalités, 400 ateliers, 5,000 magasins, etc., formant un total de plus de 50,000 lampes. — *Elle est employée par :*

Théâtre de l'Opéra.
— l'Olympia.
— Parisiana.
— Folies-Bergere.
Casino de Paramé.
Divan Japonais.
Concert Parisien.

Félix Potin et Cie.
Grands Bazars-Métropole.
Bars Biard.
Café du Rat-Mort.
Bouillons Chartier.
Photographie Van Bosch.
Rue Ambroise Thomas.

GRAND HOTEL, 12, boulevard des Capucines, PARIS



Cies d'Électricité & Secteurs Électriques

QUIMPER	NANTES
NIMES	MONTPELLIER
LAMBALLE	TOULOUSE
ELBEUF	FÉCAMP
CANNES	REVEL
ROUEN	PAU
LE MANS	PARAMÉ

ATELIERS, MINES, CHANTIERS, etc.

Karcher et Cie, *brasseurs, Paris.*
Établissements Panhar et Levassor.
Cie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usine, *Paris.*
Popineau, Vizet fils et Cie, *Plaine St-Denis.*
Mouton, *Plaine St-Denis.*
Mines de Blanzy, *Montceau-les-Mines.*
» » *Nantes.*
Bessonneau, *Angers.*
J. Jaluzot et Cie, *Magasins du Printemps.*
» *Origny, Ste-Benoite.*
de Diètrich et Cie, *Lunéville.*
Singrün frères, *Epinal.*
K. du Bernard, *Brassac.*
Lacroix fils et Cie, *Mazières-sur-le-Salat.*
Danière frères, *Roanne.*
A. Ducommun et Cie, *Avignon.*
Henneton et Cie, *Lille.*
Vandersluys et fils, *Dunkerque.*
A. Gibert, *St-Quentin.*
L. Callaud, *Nantes.*
E. Bouts, *Toulouse.*
Thierry-Wierre et Cie, *Paris.*
E. H. Cadiot et Cie, *Paris.*

Écrire pour plus amples renseignements à la

Cie des LAMPES à ARC JANDUS

35, rue de Bagnolet, PARIS

Company, de New-York, avait été exclue de la Acetylene Light Heat and Power Company, de Niagara, sans doute pour n'avoir pas tenu ses engagements financiers ; et nous ne serions pas surpris d'avoir à enregistrer de semblables faits.

La question des brevets est maintenant entrée dans la phase de la jurisprudence. Plusieurs usines ont fabriqué du carbure de calcium malgré le monopole que prétend avoir la Acetylene Illuminating Company en vertu des brevets Wilson, et cette compagnie vient de commencer les poursuites devant les tribunaux, en attaquant la compagnie propriétaire de l'usine de Birmingham. En Allemagne les brevets Bullier ont été déclarés sans valeur par le Patent Amt et il est probable que d'autres brevets fondamentaux subiront le même sort.

Dans ces conditions il serait prudent d'attendre avant d'engager de nouveaux capitaux dans l'industrie du carbure de calcium, car non seulement l'offre sera supérieure à la demande pendant plusieurs années ; mais encore on risque, en se trop pressant, de payer des redevances pour des brevets que le temps prouvera être sans valeur.

Quant aux fours de fabrication, leur liste s'accroît de jour en jour. Le principal but des inventeurs est la réalisation d'un four continu. A Puteaux, un four de ce genre, breveté par M. Patin, est actuellement en essai (*L'Industrie électrochimique*, t. II, p. 5). A Sault-Sainte-Marie, on essaie un four continu tournant, inventé par Horrey ; ce four, qui est applicable à la fusion des minerais aussi bien qu'à la fabrication du carbure de calcium, paraît devoir être employé par la Unnio Carbide Company (*Electrical World*, 25 juin et 2 juillet 1898). A Bellegarde, on emploie des fours Bertolus (*Dingler's Polytechnic Journal*, t. CCCIX, p. 173).

Suivant Nikolaï, aucun des fours actuellement en usage n'est satisfaisant ; on n'obtient, en effet, que 3 kg environ de carbure par cheval-jour tandis que suivant les données thermochimiques ce travail devrait donner 7 kg. Picțet a cherché à augmenter le rendement par un chauffage préliminaire des matières premières du charbon ou des gaz combustibles ; après plusieurs essais infructueux dans cette voie il a, paraît-il, réussi à obtenir l'augmentation de rendement cherchée.

Modifications des règlements relatifs aux brevets allemands. — Ces modifications, dont la mise en vigueur datera du 1er janvier 1899, sont les suivantes :

Brevets. — Les planches de dessins auront une dimension uniforme de 33 sur 21 cm. Une plus grande dimension de 42 sur 33 cm, pourra toutefois être employée, mais seulement pour des cas exceptionnels où cette dimension sera absolument nécessaire pour la clarté des figures.

Les pages écrites auront une hauteur de 33 cm ; leur largeur n'est pas limitée. A droite et à gauche de ces pages sera réservé un espace blanc de 3 cm.

Les dessins devront être disposés de façon à avoir leur largeur pour base. Le nombre de ces derniers n'est pas limité.

Les lettres de référence ne devront être employées que là où elles seront absolument nécessaires. Il ne sera fait usage presque exclusivement pour ces dernières que des petites lettres *a b c*, etc , jusqu'à concurrence de 25 ; passé ce nombre, on devra se servir des chiffres 1, 2, 3, etc. Les sections seront désignées par des capitales et les angles, s'il y a lieu de les désigner, par des petites lettres grecques. Les indications formées d'une lettre et d'un chiffre comme

m 8, d 3 devront être autant que possible évitées excepté quand il s'agira de présenter une même figure sur différentes positions.

Certificats d'addition. — Ceux-ci seront accompagnés des dessins nécessaires qui pourront ou non faire l'objet d'une planche spéciale. Dans ce dernier cas, les planches auront les dimensions de 33×21 cm, mais sans l'exception accordée pour les brevets.

Marques de fabrique. — Le nouveau règlement exige douze copies de la marque à protéger, lesquelles peuvent être de dimensions variables sans toutefois excéder 25 × 33 cm. Les dimensions du cliché restent les mêmes que précédemment, c'est-à-dire qu'aucun de ses côtés ne doit dépasser 6,5 cm et que son épaisseur ne doit pas être moindre de 2,4 cm. U.

Stations de charge pour automobiles électriques. — Nous signalions récemment (*Suppléments* du 9 juillet et du 24 septembre, t. XVI, p. XI et CII) les appels faits par le Syndicat des industries électriques, et par la Société internationale des électriciens aux propriétaires d'usines génératrices d'électricité, en vue de créer des stations de charge d'accumulateurs pour électromobiles, permettant à ces véhicules de n'être plus obligés comme aujourd'hui à restreindre leurs parcours faute de pouvoir recharger leurs accumulateurs.

Une compagnie belge vient de se former, sous le nom de « Poste électrique internationale », précisément dans le but de créer des stations de charge de ce genre sur les principales routes carrossables ; ses statuts ont été déposés chez M. Poelaert, notaire à Bruxelles ; son capital est de huit millions.

Les stations qu'elle se propose de construire seront distantes de 15 à 20 km ; toutes seront du même modèle. Les premiers réseaux ainsi équipés comprendront les grandes routes de la Belgique et de la France ; la première ligne, qui doit être rapidement établie, suivra la route de Bruxelles à Paris par la vallée de la Meuse.

Ces installations ne pourront évidemment que contribuer au développement de l'automobilisme électrique. Mais en attendant que ce développement permette à la société nouvelle de réaliser des bénéfices suffisants, cette société compte, pour rémunérer son capital, sur les automobiles à essence et les cycles. Outre l'installation électrique nécessaire aux électromobiles, les stations comprendront en effet un bar-restaurant, un service médical, un atelier de réparations, un dépôt d'essence minérale et de pièces de montage.

Courses d'automobiles. — Deux courses de vitesse viennent d'avoir lieu en moins de quinze jours et dans les deux une automobile électrique a remporté la victoire ; pour un certain milieu cela ne peut que contribuer au développement de l'électromobilisme et, quelle que soit leur opinion intime au sujet des courses, les électriciens ne peuvent qu'être reconnaissants aux deux vainqueurs, M. Jenatzy et M. le comte de Chasseloup-Laubat, d'avoir montré que l'électricité est capable de tout,... même de faire tourner des roues très rapidement, ce que bien des gens ignoraient, semble-t-il, puisqu'une démonstration a été nécessaire.

La première de ces courses s'est faite, il y a une quinzaine de jours, sur la côte de Chanteloup, près de Poissy. Cette côte a 1 800 m de longueur, une pente moyenne de 53 millièmes et, en un endroit, une pente de 106 millièmes. Elle a été remontée en 3 m 52 s par une voiture électrique de la Compagnie générale des transports automobiles, conduite par M. Jenatzy. Une autre voiture électrique, celle de M. le comte de Chasseloup-Laubat, devait également concourir et sans aucun doute elle eût, comme celle de M. Jenatzy, laissé derrière elle les 47 voitures à pétrole concurrentes, sans un accident qui l'empêcha de prendre part à la course.

Dimanche dernier, c'est le record du kilomètre que se disputaient, entre Achères et Conflans, sur la route du champ d'épandage, la voiture du comte de Chasseloup-Laubat, 12 voitures et 7 tricycles à pétrole. Le premier kilomètre a été couvert en 1 m 12 s 3/5 et le second en 57 s (soit une vitesse 64 km-h) par la voiture électrique. Pour la voiture à pétrole classée en tête des voitures de ce genre ces temps ont été respectivement de 1 m 26 s 3/5 et 1 m 3 s; pour le plus rapide des tricycles, ils ont été 1 m 20 s 2/5 et 1 m 13 s 2/5.

La taxe sur les usines d'électricité en Italie. — La taxe à laquelle sont soumises les usines électriques italiennes est basée sur le revenu. Or l'article 7 est ainsi conçu :

« Dans l'estimation du revenu des usines doivent être considérées comme parties intégrantes de ces usines : les générateurs de force motrice, les mécanismes et appareils qui servent à transmettre la force motrice qu'ils soient reliés à l'usine ou installés dedans. Ne doivent pas être considérées comme telles les transmissions et les machines de travail. »

L'interprétation de cet article a soulevé une polémique d'ordre général, et l'agitation est loin d'être calmée ; les propriétaires d'usines ont été jusqu'à vouloir fermer leurs maisons.

Pour établir la taxe, quand les usines ne sont pas louées et quand il n'y a par suite pas de données certaines sur le revenu, le gouvernement fait estimer la valeur matérielle de l'édifice et le suppose capable de donner un revenu de 5 p. 100. C'est sur cette base qu'est établie la taxe.

Cette taxe a été appliquée à des usines à gaz en considérant comme immeubles non seulement l'édi-

fice mais les cornues, les cloches et les conduites intérieures et extérieures. A.

Dans une communication récente à l'Association électrotechnique italienne, l'ingénieur L. Garrone faisait ressortir le préjudice causé à l'industrie électrique si on appliquait ce même principe aux usines d'électricité. Certaines auraient des capitaux énormes frappés par la taxe, quand ces capitaux sont infructueux et même se perdent peu à peu, et cela quelle que soit la production.

D'ailleurs les termes mêmes de l'article prêtent à l'équivoque. Il n'est pas douteux que les générateurs de force doivent être considérés comme faisant partie de l'usine. Mais les dynamos ne sont pas des générateurs de force, ce sont seulement des transformateurs; seront-elles soumises à la taxe? En outre l'article précité ne parle que des mécanismes et appareils qui servent à transmettre la force motrice; dans le cas d'usine d'éclairage, les dynamos ne servent pas à transmettre la force motrice; la taxe les atteindra-t-elle?

Ces quelques remarques suffisent à montrer combien l'application de la taxe présentera de difficultés. G.

Traction électrique.— Dinard Saint-Enogat (Ille-et Vilaine). — Le projet d'établissement d'une ligne de tramway de Dinard à Saint-Briac, pris en considération par le conseil général dans sa séance du 26 août dernier, vient d'être déposé dans les bureaux de l'ingénieur en chef du département; c'est la Société générale des transports publics automobiles qui a pris l'affaire en main. Le tramway sera à traction électrique.

— **Grenoble**.— Dans une récente délibération, le conseil général a transmis à la ville le dossier de la demande en concession d'une ligne de tramways à traction électrique de Grenoble à Villard-de-Lans. La ville a été priée de se mettre d'accord avec le demandeur en ce qui concerne le point terminus et le tracé dans l'intérieur de la commune. La commission a fixé les bases sur lesquelles l'administration municipale pourra provoquer l'accord à intervenir.

— **Madrid**. — On a commencé les travaux pour la substitution de la traction électrique, par câble aérien, à l'ancien système sur la voie du tramway Estaciones et Mercados. A.

— **Oran**.— Le Président de la République française, vu le décret du 5 juin 1898, qui a déclaré d'utilité publique et concédé à la ville d'Oran l'établissement, dans cette ville, d'un réseau de tramways électriques, et approuvé la convention passée, le 2 mai 1898, entre le maire d'Oran et M. E. Faye, pour la rétrocession de l'entreprise; ensemble ladite convention et le cahier des charges y annexé;

Vu, notamment, l'article 16 du traité de rétrocession, ainsi conçu :

« Dans un délai de six mois à dater de la promulgation du décret de concession, M. Faye devra constituer une société anonyme qui lui sera substituée comme rétrocessionnaire du réseau défini par le décret.

« Cette substitution devra être approuvée par décret délibéré en conseil d'État, conformément à l'article 10 de la loi du 11 juin 1880. »

Vu les demandes adressées, le 8 août 1898, à M. le maire d'Oran, par M. Faye, d'une part, et par le représentant autorisé de la Compagnie des tramways électriques d'Oran, d'autre part, à l'effet de faire approuver la substitution de la société anonyme constituée sous ce titre, à M. E. Faye, comme rétrocessionnaire du réseau de tramways électriques d'Oran, approuve la substitution à M. E. Faye de la Compagnie des tramways électriques d'Oran, comme rétrocessionnaire du réseau de tramways dont l'établissement, dans cette ville, a été déclaré d'utilité publique par le décret du 5 juin 1898.

—**Poitiers**. — Dans une récente séance du conseil municipal, le maire annonçait que la ville et la Compagnie sont enfin tombées d'accord sur les bases suivantes :

1° La ville renonce au tronçon de ligne qui devait desservir l'entrée principale de Blossac ; 2° la compagnie ne bénéficiera d'aucune exonération des droits d'octroi ou des taxes d'eau ; 3° la compagnie versera 50 000 fr qui lui seront rendus à la fin de la concession de cinquante ans, si l'administration supérieure n'a point exigé les rescendements dont il a été question ; 4° la ville versera à la compagnie, durant toute la durée de la concession, une subvention annuelle de 1 000 fr.

La nouvelle convention faite sur ces bases a été adoptée par le conseil.

— **Vienne (Autriche)**. — La commission nommée par le conseil municipal de Vienne a déposé son rapport sur la proposition de concession de privilèges aux tramways de Vienne à Siemens et Halske, et les conclusions de la commission seront sans aucun doute adoptées par le conseil. Le rapport envisage l'organisation d'une compagnie par Siemens et Halske qui prendrait les lignes actuellement en existence et les transformerait en lignes électriques. Le système qui serait adopté sur presque tout le parcours serait le système à fil aérien ; mais dans quelques unes des rues les plus importantes on installerait des conduits souterrains. La ville aura le droit de choisir le type de voiture automotrice qui sera mis en service et pourra, dans une certaine mesure, surveiller la construction des lignes nouvelles ; elle pourra, en outre, à l'expiration du privilège, racheter la ligne pour un prix à déterminer suivant sa valeur au moment. Le prix des places variera de 0,10 fr à 0,50 fr suivant la zone. Les versements à faire à la ville sont spécifiés avec détails et comprennent une somme brute jusqu'en 1903, et plus tard un pourcentage sur les recettes brutes.

Eclairage électrique. — **Badolatosa (Séville)**. — L'adjudication pour le service de l'éclairage public au moyen de l'électricité pendant une période de vingt ans, a eu lieu le 13 novembre dernier : c'est M. D. Juan de Lara Leiva qui a été déclaré concessionnaire. A.

— **Bucharest (Roumanie)**. — Il est question de la constitution, à Bucharest, d'une société d'électricité dans laquelle entrerait la maison Hélios, de Cologne.

Les membres du conseil d'administration de cette société, ainsi que le directeur, seraient roumains.

La maison Hélios, de Cologne, qui a déjà l'entreprise de l'éclairage électrique du palais de l'Ephorie, a pris l'entreprise de l'éclairage à la lumière électrique de tout le pâté de maisons comprenant l'Ephorie, le grand hôtel du boulevard, la préfecture de police et la maison Socec, entre le boulevard Elizabeta, la calea Victoriei, la rue Linscani prolongée et la rue du Belvédère.

— **Moulins-Engilbert**. — Le conseil municipal de Moulins-Engilbert vient d'être saisi d'une proposition d'installation de la lumière électrique pour l'éclairage public et privé.

Nous croyons savoir que les pourparlers engagés sont sur le point d'aboutir, à la satisfaction des parties.

L'usine électrique serait installée au bas du champ de foire, sur le bord de la rivière le Guignon.

Comme l'eau fait défaut ou arrive en quantité insuffisante pour actionner une turbine, surtout pendant la bonne saison, la force motrice serait fournie par une machine à vapeur.

On évalue à environ 60 000 fr les frais de construction, d'installation publique, terrain non compris.

— **Nontron**. — La petite ville de Nontron va bientôt commencer les travaux en vue de l'installation de l'éclairage électrique.

— **Reus (Espagne)**. — Nous lisons dans l'*Électron* de Madrid que la Sociedad Electro Reusense est en pourparlers pour acquérir la propriété de chutes de l'Èbre qui produisent une puissance de 18 000 chevaux, devant être utilisée pour la production de la force motrice et de l'éclairage électrique. A.

— **Teruel (Espagne)**. — Les travaux pour l'installation de l'usine d'électricité marchent rapidement et seront bientôt terminés.

Les prix adoptés pour l'éclairage sont des plus réduits. Pour une lampe pouvant fonctionner depuis le coucher du soleil jusqu'à l'aube, les prix par mois ne seront en effet que de 1,25, 2, 3,25 et 4 pesetas, suivant que l'intensité de la lampe sera de 5, 10, 15 ou 20 bougies (1 peseta vaut environ 90 centimes). A.

Société normande d'électricité. — La transformation de la Société normande d'électricité par suite de sa fusion avec la Compagnie générale d'électricité a été avantageuse au personnel de cet établissement. Nous apprenons, en effet, que les employés et ouvriers ont été réunis, récemment, pour apprendre de la bouche de M. Azaria, adminis-

trateur délégué de la Compagnie, qu'une somme de 50 000 fr leur était attribuée.

Sur cette somme, une douzaine de mille francs devaient revenir au directeur, aux employés supérieurs, qui ont eu la louable inspiration d'en faire volontairement l'abandon, pour la création d'une caisse de secours au profit du personnel.

M. Azaria a chaleureusement engagé les employés et ouvriers à convertir la part qui revient à chacun en livrets de la Caisse nationale de retraites pour la vieillesse. Il a ajouté que la Compagnie générale d'électricité étudie en ce moment un projet de retraites, sur les bases suivantes : d'une part, par une retenue volontaire sur les salaires des ouvriers et employés ; et, d'autre part, par un versement que ferait la Compagnie suivant l'état de ses bénéfices et l'ancienneté de l'ouvrier.

On ne peut que féliciter ceux qui ont eu cette intention de faire participer le personnel aux bénéfices de la Société, et souhaiter que les premiers résultats de cette participation s'accentuent par la suite.

Adjudications, avis, offres et demandes.

Les informations marquées (O. N. C. E.) sont des communications de l'Office national du Commerce extérieur.

(*S'adresser pour tous renseignements complémentaires au siège de l'Office, 3, rue Feydeau.*)

— **Bosna-Seraï (Bosnie Herzégovine).** — On dit que le gouvernement a l'intention de créer un chemin de fer électrique de Jajce à Banjaluka (73 kilomètres). L'usine sera située à quelques kilomètres de Pajce, en contrebas du lac qui fournit les chutes de la Piva.

Jusqu'à présent toutes les fournitures d'électricité dans ce pays ont été faites par des maisons allemandes ou autrichiennes, et nous pensons que les maisons françaises ont très peu de chances de réussir. O. N. C. E.

— **Melbourne (Australie).** — D'après les statistiques de la province de Victoria, la valeur des importations directes de France en 1897 a été, à Melbourne, de 1 730 livres pour le matériel d'éclairage électrique et de 465 livres pour le matériel télégraphique. Ces articles sont admis en franchise dans la colonie.

Les gouvernants et les municipalités donnant rarement les délais nécessaires pour un échange de lettres entre l'Australie et l'Europe, il serait de toute nécessité pour les maisons françaises désireuses de participer aux adjudications de ce pays d'avoir un représentant sur place. O. N. C. E.

— **Paris.** — Une grande usine électrique de premier ordre cherche un représentant actif et connu pour la vente de ses produits en France et pour les colonies françaises.

Prière d'adresser les offres et références par écrit à M. Paul Uckermann, 5, cité Trévise, à Paris.

— **Penafiel (Espagne).** — On demande des soumis-

sions pour l'éclairage électrique de cette ville (province de Valladolid) pendant 12 ans.

— **Tarragona (Espagne)**. — La construction d'un tramway électrique entre Reuss et Tarragona vient d'être décidée; des soumissions peuvent être adressées.

BIBLIOGRAPHIE

Législation et jurisprudence administratives concernant l'électricité dans ses différents usages; par M. Edmond Hirsch. — *Marchal et Billard*, éditeurs, Paris.

Nous avons donné dans ce journal, à différentes reprises, la discussion de procès concernant les compagnies d'électricité, et, récemment, nous citions un article du professeur Meili relatif à la jurisprudence en matière d'électricité. Nos lecteurs ont pu voir par là, combien ces questions sont encore controversées. L'insuffisance des règlements et le petit nombre des jugements qui pourraient y remédier, rendent souvent un peu incertaine la solution d'un procès. Aussi le nouveau livre de M. Hirsch rendra-t-il un réel service à tous ceux qui s'intéressent à cette nouvelle branche de la jurisprudence, en résumant les principes de la législation électrique et en examinant l'esprit dans lequel elle a été établie, esprit qui sert à former l'opinion dans les cas de contestation, en éclairant les parties obscures du texte. De nombreux exemples et surtout les renvois aux sources complètent un exposé très clair; ajoutons enfin que le côté historique est développé d'une façon fort intéressante.

Le livre de M. Hirsch est divisé en deux parties; la première et la plus importante est relative aux lignes de correspondance électrique seules; la seconde s'occupe des lignes de transmission d'énergie et de leur influence sur les lignes de correspondance.

Examinons d'abord la jurisprudence relative aux lignes télégraphiques et téléphoniques. Dans le chapitre I, se trouvent quelques considérations sur les monopoles et leur utilité pour les services d'intérêt général. Vient ensuite l'historique des télégraphes en France, réservés d'abord à l'État : ils sont ouverts aux correspondances commerciales, puis au service privé le 29 novembre 1850; l'exploitation est faite en régie directe. Le service téléphonique, dans la période d'essai, est concédé à des permissionnaires, les premières autorisations datent du 26 juin 1879. Après la période d'essai, le réseau est racheté par l'État qui l'exploite à partir du 1er septembre 1889.

Le chapitre II traite de la création des lignes.

Les bureaux télégraphiques des communes sont établis avec l'aide partielle des fonds de concours fournis par ces communes et définitivement acquis par l'Etat. Les bureaux téléphoniques sont créés sur les avances faites par les intéressés, avances qui leur sont remboursées sans intérêt au fur et à mesure des recettes correspondantes.

La construction des lignes fait l'objet du chapitre III. Les arrêtés préfectoraux permettant l'établissement des supports portaient atteinte à l'inviolabilité du domicile, aussi les propriétaires formaient-ils opposition, soutenus d'ailleurs par les tribunaux. C'est afin d'éviter ces difficultés que fut faite la loi du 28 juillet 1885. Les lignes d'intérêt général sont distinguées de celles qui relient directement les abonnés au réseau et empruntent le passage dans les égouts ; ces derniers sont soumis à une redevance payable aux conseils municipaux. Les droits de l'État sur les propriétés privées sont ensuite examinés, et l'auteur discute et explique la loi relativement à cette question : appui sur les propriétés bâties avec accès extérieur, occupation temporaire, passage, etc. Les difficultés contentieuses portant sur la légalité des travaux ou sur l'évaluation des dommages relèvent du Conseil de préfecture. Le chapitre se termine par quelques critiques à la loi de 1885 ; elle n'a pas validé les opérations effectuées antérieurement et n'a pas prévu l'obligation probable, dans un avenir peu éloigné, d'établir des fils aériens pour éviter l'encombrement des égouts. L'accès extérieur des tolts dans une ville comme Paris n'étant pas possible, il y aurait alors à autoriser l'accès par les escaliers.

Dans le chapitre IV, l'auteur s'occupe des dispositions pénales prises pour protéger les lignes et, dans le chapitre V, il traite l'exploitation.

Le système de tarification n'est pas le même pour la télégraphie et la téléphonie ; cette différence tient à ce que la transmission porte sur un texte déterminé dans le premier cas, tandis que dans le second on établit une communication directe entre les correspondants. En télégraphie, le nombre de mots peut donc servir pour l'établissement de la taxe, et en téléphonie le temps de la communication. La loi de 1850 avait fixé un tarif qui tenait compte de tous les éléments, frais fixes, distance et nombre de mots, la simplification s'est faite peu à peu et il ne reste plus que le nombre de mots comme base ; il n'y a plus de modification à prévoir sauf dans la suppression du minimum de perception. Dans le service téléphonique, la prépondérance appartient aux postes établis chez les particuliers, le système de l'abonnement s'impose, il est la règle générale pour les réseaux urbains, mais il est l'exception pour les communications interurbaines. Dans les réseaux à périmètre restreint, on peut réduire la taxe en séparant

les frais de l'exploitation de ceux de la construction; les abonnés donnent dans ce cas un fonds de concours pour la construction. On ne peut alors tenir compte de la distance que d'une manière forfaitaire. La période d'établissement des téléphones est encore trop récente; mais l'élément distance disparaîtra dans la suite, et cela d'autant plus facilement que les deux modes de transmission, le télégraphe et le téléphone se prêtent un mutuel appui; c'est ainsi que les abonnés des réseaux téléphoniques ont l'usage du télégraphe qui leur permet de correspondre de chez eux avec le télégraphe; les liaisons des communes par le téléphone au réseau télégraphique et les messages téléphonés augmentent encore la fusion des deux services.

Le recouvrement des taxes étant préalable ne soulève pas de difficultés, sauf pour l'application du principe de non-rétroactivité des lois ou décrets dans le cas de relèvement du tarif. Le contentieux des tarifs ressortit des tribunaux judiciaires, les taxes de premier établissement de la juridiction administive.

L'Etat est d'ailleurs entièrement responsable, il s'est réservé le droit de suspension ou de refus pour la transmission des messages dans certaines circonstances. Un particulier lésé par suite de défauts dans le service ne peut avoir satisfaction que s'il a été victime d'une faute lourde, assez grave pour entraîner la responsabilité personnelle de l'agent. Le remboursement simple a lieu dans le cas de taxes perçues par erreur, d'annulation de télégramme ou de transmission au delà de 12 heures. Les fautes des agents des téléphones seraient particulièrement difficiles à mettre en évidence.

Le dernier chapitre relatif aux lignes de correspondances, donne quelques indications sur les régimes spéciaux, tubes pneumatiques, postes électro-sémaphoriques, câbles sous-marins, chemins de fer, lignes privées et fils spéciaux.

La deuxième partie du volume s'occupe des conducteurs d'énergie: règles suivant lesquelles peuvent être établis les conducteurs isolés, règles qui régissent les réseaux de distribution, permissions techniques et de voirie, régime actuel des concessions municipales, projet de régime.

Le chapitre premier traite de l'installation des lignes de transmission et de leur réglementation. Leur contrôle est confié aux ingénieurs des Postes et des Télégraphes, choix justifié par la compétence de ces agents en matière d'électricité et par l'influence par induction que les conducteurs de distribution peuvent avoir sur les lignes de correspondance.

Le premier décret date du 15 mai 1888, il a été abrogé par la loi du 25 juin 1895 qui, en reprenant la plupart des principes du premier décret, a fait disparaître certaines parties peu libérales, relatives aux règles techniques des installations. L'auteur aborde ensuite la discussion de la loi de 1895 et les modifications qui ont été apportées successivement au projet de loi avant son adoption définitive. Citons parmi les articles de la loi, celui qui est relatif à la protection des lignes de correspondance : la zone de protection de ces fils est de 10 m en projection horizontale de part et d'autre; cette zone peut donc pénétrer sur la propriété privée. Ce premier chapitre et le chapitre III sur le projet de la loi relatif aux distributions d'énergie, sont d'autant plus intéressants qu'une suite vient de leur être donnée par les *circulaire et instruction technique relatives à l'application de la loi de 1895 sur l'établissement des conducteurs d'énergie électrique*, qui ont été récemment distribuées par M. Maruéjouls, en date du 5 septembre 1898 et que nos lecteurs trouveront in-extenso dans ce journal (t. XVII, p. 216, 29 septembre 1898).

Le chapitre II s'occupe des concessions municipales d'éclairage électrique, le titre seul suffit pour indiquer tout l'intérêt d'actualité des pages où sont examinées et discutées les principales questions de monopole, voirie, intérêt financier des communes; ce qui ajoute encore au profit que l'on peut en tirer, c'est que chacune des discussions est suivie de la liste des procès qui ont eu lieu sur la matière. Il y a

à, en quelques pages, un exposé très net de la jurisprudence actuelle en matière de concessions d'éclairage, où l'auteur sans hésiter à donner son opinion personnelle, a surtout cherché à expliquer les raisons de certains jugements en contradiction apparente avec la législation commune.

Le livre se termine par l'énoncé des lois relatives aux lignes électriques : 1837-1850-1851-1879-1885-1895.

En somme, tout ceux qui s'intéressent aux questions de jurisprudence en matière d'électricité liront le livre de M. Hirsch avec intérêt et profit. Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir en discutant quelques-uns des derniers procès. G. GOISOT.

Canalisations électriques. — Lignes aériennes industrielles, par R.-V. PICOU, un vol. petit in-8° de 172 pages, avec 86 fig. dans le texte (Encyclopédie des aide-mémoire Léauté). Paris 1898, *Gauthier-Villars et Masson et Cie*, éditeurs. Prix : 2,50 fr. broché ; 3 fr. cartonné.

Cet ouvrage peut être considéré comme la suite du travail publié par M. Picou dans la même Encyclopédie sur les distributions d'électricité. Après avoir étudié dans ces deux volumes *le calcul* des réseaux de distribution, l'auteur se préoccupe dans le présent livre de *la construction* des lignes. Il en parle avec toute l'autorité que donne une longue pratique d'autant plus nécessaire ici qu'aucun ouvrage n'a encore été écrit sur ce sujet et que les lignes aériennes industrielles doivent satisfaire à des conditions toutes différentes de celles des lignes télégraphiques qui leur ont trop souvent, jusqu'ici, servi de modèle.

L'ouvrage est divisé en trois parties. La première est consacrée au matériel : conducteurs, isolateurs et ferrures, poteaux et supports ; la forme et les dimensions des matériaux, le calcul des efforts auxquels sont soumis les différentes parties de l'installation par suite du poids des conducteurs, de la tension qu'il faut leur donner, de l'action du vent, de la contraction par le froid, du givre, de la neige, etc., sont traités en détail ; dans chaque cas, les conditions exigibles du matériel au point de vue électrique et au point de vue mécanique sont clairement définies et des procédés pratiques pour vérifier si ces conditions sont satisfaites sont donnés.

La seconde partie traite du montage et de l'entretien des lignes : préparation et plantation des poteaux en fer et en bois ; montage des isolateurs ; pose des fils conducteurs ; détermination de la tension à leur donner : arrêts, ligatures ; points spéciaux tels que poteaux d'artères, entrées en bâtiments ; vérification pour la réception, l'entretien ; protection contre la foudre, contre la chute des fils téléphoniques et contre la rupture des lignes.

La troisième partie est une réunion de tableaux pour faciliter l'emploi des formules et d'exemples de calculs pour en montrer l'application.

L'auteur n'a pas cherché à discuter toutes les méthodes proposées, mais au contraire s'est borné à ne citer que les méthodes pratiques ayant donné les meilleurs résultats. Cela donne à son ouvrage une valeur pratique considérable et en fait un véritable guide qui sera consulté avec fruit par tous, ingénieurs et monteurs.

G. PELLISSIER.

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, 58 bis, *rue de la Chaussée-d'Antin*, *Paris*.

279 564. **La Force**. 7 juillet 1898. — Lampe à arc.

279 568. **Deri**. 7 juillet 1898. — Système de production de courants alternatifs et continus combinés et de distribution de ces courants pour commandes électriques en particulier pour la traction électrique.

279 577. **Howell**. 8 juillet 1898. — Perfectionnements apportés aux plaques ou électrodes de batteries et à leur procédé de fabrication.

279 599. **Lecerf**. 8 juillet 1898. — Procédé de régénération des liqueurs positives chromiques épuisées de certaines piles à deux liquides.

279 627. **Sautter-Harle et Cie, Savatier et de Lagabbe**. 20 juin 1898. — Alimentation automatique et à volonté d'un réseau par deux ou plusieurs usines génératrices éloignées l'une de l'autre et couplage automatique en quantité des dynamos de ces stations.

279 634. **Mme Balter**. 9 juillet 1898. — Système de réflecteur à culot d'une seule pièce pour lampes électriques à incandescence.

279 677. **Franke**. 11 juillet 1898. — Système d'appareil à couler les électrodes.

279 682. **Levavasseur**. 11 juillet 1898. — Perfectionnement aux moteurs à courants alternatifs monophasés et polyphasés, permettant de varier en fonction de la vitesse, soit la résistance, soit la self-induction, soit la capacité des bobines de l'induit.

279 687. **Langguth**. 12 juillet 1898. — Electrode à deux pôles agissant comme diaphragme.

279 688. **Bocquentin**. 12 juillet 1898. — Système de machine dynamo électrique.

279 694. **Kinraide**. 12 juillet 1898. — Perfectionnements apportés aux appareils interrupteurs automatiques pour courants électriques.

279 700. **Long et Schattner**. 12 juillet 1898. — Perfectionnement dans les compteurs d'électricité à paiement préalable.

279 731. **Continental électrolicht und accumulatoren-fabrik patent Sedneff Pertersburg g. m. b. H.** 12 juillet 1898. — Accumulateur électrique perfectionné pour tramway et autres applications.

279 734. **Costantini et Aglietti**. 16 juillet. — Moteur électrique à principe perpétuel.

NOUVELLES

Les prix de l'Académie des Sciences. — Parmi les prix décernés par l'Académie dans la séance publique annuelle du 19 décembre, nous relevons les suivants récompensant des travaux relatifs à l'électricité :

Prix Gegner. — Ce prix annuel, d'une valeur de 4 000 fr. est destiné « à soutenir un savant qui se sera signalé par des travaux sérieux et qui, dès lors, pourra continuer plus fructueusement ses recherches en faveur des progrès des sciences positives ». Il a été décerné cette année à Mme Curie pour son intéressant travail sur les propriétés magnétiques des différentes variétés industrielles du fer et de l'acier, dont une analyse très étendue a été donnée dans ce journal, et pour son étude, faite en collaboration avec M. Curie, de l'émission de rayons dits uraniques par un très grand nombre de corps et en particulier par la perchblende dont les propriétés seraient attribuables à un nouveau corps simple, le polonium, d'après une note des auteurs qui a été reproduite ici.

Prix Houllevigue. — Ce prix, d'une valeur de 5 000 fr, est décerné à M. Édouard Branly sur le rapport suivant des commissaires, MM. Berthelot, Faye, Hermite, Milne-Edwards, J. Bertrand :

« Les savantes études de M. Branly et les conclusions souvent imprévues de ses expériences ingénieuses et précises ont, depuis longtemps déjà, attiré l'attention des physiciens. On lui doit la démonstration de l'identité, dans toute l'étendue du spectre, de la matière colorante du sang des vertébrés; la détermination de la déperdition de l'électricité par les radiations ultra-violettes ; la différence, avant lui peu remarquée à ce point de vue, entre l'électricité positive et l'électricité négative ; la découverte enfin de différences considérables et difficiles à expliquer entre les résistances produites au contact de deux disques métalliques suivant la nature des métaux choisis.

» Les recherches de M. Branly sur la conductibilité des limailles métalliques ont été particulièrement remarquées. L'application directe que l'on en a faite à la construction du récepteur de la télégraphie hertzienne assure à leur auteur, dans l'histoire de l'électricité, une place que rien ne saurait lui enlever. Cette très heureuse rencontre suffirait pour justifier une des plus hautes récompenses dont dispose l'Académie. Nous saisissons avec grand plaisir l'occasion de rappeler que, due à de savantes et méthodiques recherches, elle a été précédée par d'importants travaux pour lesquels l'auteur n'a demandé à l'Académie que la publicité accordée libéralement à tous. »

Prix Kastner-Boursault. — Ce prix (2 000 fr) est destiné à récompenser « le meilleur travail sur les applications diverses de l'électricité dans les arts, l'industrie et le commerce ». Il a été partagé entre MM. A. Blondel et Paul Dubois, d'une part, et M. Janet, d'autre part, qui présentaient : les premiers, les deux premiers volumes de leur ouvrage *la Traction électrique sur les voies ferrées*: le dernier, le *Cours d'électricité industrielle* qu'il professe à l'école supérieure d'électricité.

Prix Jecker. — Ce prix (10 000 fr), destiné à récompenser des travaux relatifs à la chimie, est partagé entre MM. G. Bertrand, Buisine et Daniel Berthelot. Les titres de M. D. Berthelot sont ses travaux sur la conductibilité électrique de sels organiques.

Prix Henry Wilde, attribué à M. Charles A. Schott, pour l'ensemble de ses travaux sur la distribution du magnétisme terrestre dans l'Amérique du Nord.

Prix extraordinaire de 6 000 fr. — Une partie de ce prix est attribuée à M. G. Charpy pour l'ensemble de ses travaux sur la résistance mécanique des métaux et alliages, parmi lesquels nous relevons l'étude des alliages légers d'aluminium.

Prix Delalande-Guérineau. — Décerné à M. Émile

Damour pour ses recherches et études sur le chauffage industriel et les fours à gaz et sur la céramique.

Prix Francœur. — Ce prix (1000 fr), destiné à récompenser l'auteur de découvertes ou de travaux utiles au progrès des sciences mathématiques pures et appliquées, a été décerné cette année à M. A. Vaschy.

Les automobiles électriques au salon du cycle. — Assez peu de voitures automobiles exposées cette année au salon du cycle; il semble que les constructeurs, satisfaits du succès remporté par l'automobilisme à l'exposition de juillet dernier, aient réservé leurs nouveautés pour une prochaine exposition.

Comme automobiles, nous n'y avons vu que les voitures Mildé-Mondos; les voitures Bouquet, Garcin et Schivre; celles de la Société française d'électromobiles; une voiture exposée par M. Doré, et enfin la voiturette de M. Jenatzy qui est arrivée première à l'épreuve de la côte de Chanteloup.

Nous avons cependant une nouveauté à signaler : c'est un nouveau mode de transmission de mouvement imaginé par M. Doré et appliqué par la Société française d'électromobiles à un coupé.

Dans ce coupé l'avant-train est, comme dans les voitures du système Krieger, à la fois moteur et directeur. Le moteur électrique, placé sur le châssis en avant du siège du conducteur, a son arbre vertical et disposé dans le prolongement de la cheville ouvrière. Le mouvement est transmis aux roues par des pignons coniques. Mais comme le moteur, suspendu avec le châssis, se déplace, dans les cahots, par rapport à l'essieu, la transmission ne peut être rigide. Pour permettre au moteur des déplacements verticaux, l'arbre du moteur est constitué par une douille creuse dans laquelle peut glisser l'arbre de transmission. Pour permettre les déplacements longitudinaux cet arbre est muni d'un joint universel. L'ensemble du coupé est très gracieux et ne diffère nullement de celui d'un coupé ordinaire; il n'y a pas de chaine de transmission et les accumulateurs sont fort bien dissimulés; aussi ce coupé dont nous donnerons très prochainement une description détaillée parait-il appelé à se répandre comme voiture de luxe.

Signalons encore parmi les appareils exposés concernant l'électricité : les accumulateurs Fulmen; une pile sèche pour actionner les bobines destinées à l'inflammation des mélanges tonnants dans les moteurs à pétrole, exposée par la Société le Carbone; des transformateurs Wydts-Rochefort, de petit modèle, destinés également à l'allumage et exposés par la maison Bisson et Bergès.

Les accidents de chaudières en 1897. — Le *Journal officiel* du 6 décembre publie la liste, relevée par les soins du Ministère des Travaux publics, des accidents survenus pendant l'année 1897 dans l'emploi des appareils à vapeur.

Le nombre des accidents s'est élevé à 45; 26 personnes ont été tuées et 26 blessées. Sur ces 45 accidents, 7 se sont produits dans des usines génératrices d'électricité, sur des chaudières à tubes d'eau; 6 d'entre eux n'ont eu d'autres conséquences fâcheuses que d'exiger le remplacement de quelques tubes; un seul, survenu à l'usine d'Avignon, a occasionné des brûlures à deux ouvriers.

La répartition des accidents par espèce d'appareils est indiquée dans le tableau suivant; la première colonne indique le nombre d'accidents; la deuxième, celui des tués et la troisième, celui des blessés qui ont eu plus de 20 jours d'incapacité de travail;

1° *Chaudières chauffées en tout ou en partie à l'intérieur.*			
Horizontales non tubulaires :			
à foyer extérieur — à flamme directe	4	3	3
à foyer extérieur — à flamme renversée	2	3	»
à foyer intérieur	1	»	»
Chaudière horizontale semi-tubulaire :			
à foyer intérieur	1	»	»
Chaudière verticale non tubulaire :			
à foyer extérieur (marmite de $d = 0{,}40$ m et $h = 0{,}55$ m)	1	»	»
Chaudières verticales :			
à foyer intérieur — bouilleurs croisés	1	1	1
à foyer intérieur — faisceau croisé de tubes bouilleurs	1	»	»
Chaudières à petits éléments, tubes d'eau	15	3	3
2° *Chaudières non chauffées à l'extérieur.*			
Horizontales tubulaires :			
à flamme directe	5	1	4
à retour de flamme	3	»	1
3° *Réchauffeur*	1	»	»
4° *Récipients*	10	15	14
Totaux	45	26	26

L'examen de ces chiffres montre que si le contingent des chaudières à petits éléments est élevé, les accidents dus aux déchirures ou ruptures de tubes ont fort heureusement des conséquences peu graves.

Si l'on examine les causes des accidents, on trouve les chiffres suivants :

Conditions défectueuses d'établissement	19
Conditions défectueuses d'entretien	19
Mauvais état des appareils	18
Causes non précisées	6
	62

On trouve 62 causes pour 45 accidents parce que l'accident a été porté comme dû à la coexistence de 2 causes dans 6 cas, de 3 causes dans 4 cas et enfin de 4 causes dans un cas.

La plupart des accidents survenus dans les usines génératrices d'électricité sont dus à des surchauffes résultant soit de l'entartrement, soit du manque d'eau, soit de causes que l'enquête n'a pu préciser.

Lampe à acétylène Gossart. — Cette lampe a subi des perfectionnements depuis la description qui en a été donnée dans ce journal (t. IX, p. 231); ce sont ces perfectionnements que fait connaître une brochure que nous adressent les constructeurs, MM. Beyssac et Cie, de Bordeaux.

Le principe de la lampe reste le même; ce sont toujours des tubes capillaires qui règlent le débit de l'eau, tombant sur le carbure contenu dans un panier placé dans un récipient prenant le pied de la lampe. A la partie supérieure de ce récipient se trouve un second panier rempli de carbure destiné à absorber la vapeur d'eau et diminuer ainsi la surproduction qui a lieu quand on éteint la lampe. L'acétylène passe dans un long tube rempli de ouate et entouré par l'eau servant à la génération du gaz; il se trouve ainsi purifié et refroidi. Le brûleur est muni d'un robinet à trois voies qui, lorsqu'il ferme le canal se rendant au brûleur met le récipient générateur en communication avec un tube latéral à l'extrémité duquel l'acétylène qui continue à se dégager pendant quelques instants brûle en veilleuse. L'écoulement de l'eau par les tubes capillaires est commandé par deux clapets coniques caoutchoutés que manœuvrent des tiges filetées.

La brochure donne, en outre, les renseignements nécessaires pour le bon fonctionnement et l'entretien de la lampe.

Traction électrique. — Armentières (Nord). — A une des dernières réunions du conseil municipal lecture a été donnée du cahier des charges et du projet annexe pour la création d'une ligne à traction électrique de l'usine à gaz à Erquinghem et de la route de Nieppe au bourg de la Chapelle.

— **Champigny.** — Une enquête est ouverte sur l'avant-projet déposé par la Compagnie des Tramways de Saint-Maur, relatif à l'établissement d'une ligne de tramways à traction électrique entre Champigny et le pont de Chennevières.

La ligne se détachera de celle de Joinville à Champigny non loin du terminus de cette dernière, sur la route départementale n° 21, devant la mairie de Champigny; elle suivra le chemin de grande communication n° 30, traversera les ponts de Champigny et arrivera au droit du passage à niveau de la gare de Champigny.

De ce pont elle empruntera, sur le territoire de la commune de Saint-Maur, le chemin latéral du Nord, l'avenue Gilbert, l'avenue Raymond, l'avenue du Mesnil, toutes voies communales, puis une portion de la rue du Bac faisant partie de la route départementale n° 23 pour aboutir au pont de Chennevières.

Il ressort du mémoire descriptif que la ligne aura une longueur de 3,401 km. dont 440 m avec pavage et le reste en empierrement; la voie sera unique avec garages.

Le tarif proposé est soudé à celui de la ligne de Joinville à Champigny.

Celle-ci comprend, d'après le cahier des charges, deux sections sur lesquelles les tarifs maxima sont les suivants :

Entre le Plant et Champigny :

1re classe, 0,15 fr. — 2 classe, 0,10 fr.

Entre Joinville et le Plant :

1re classe, 0,15 fr. — 2e classe, 0,10 fr.

La première section serait prolongée par la nouvelle ligne jusqu'à la gare de Champigny, le tarif restant le même et il serait formé une troisième section.

Entre la gare de Champigny et le pont de Chennevières : 1re classe, 0,15 fr ; 2e classe, 0,10 fr.

Cette ligne présente un intérêt tout particulier pour la population de la partie extrême de la boucle de la Marne, qui a fait parvenir au conseil général une pétition couverte de très nombreuses signatures.

Elle faciliterait l'accès des gares de la Varenne et de Champigny, mettrait en communication directe une partie de la population de la commune de Saint-Maur avec celle du Plant et de Champigny ; elle provoquerait la construction de maisons d'habitation dans les terrains de son parcours qui en sont encore dépourvus et, dans l'avenir, pourrait se souder par le quai Saint-Hilaire à la ligne de la Varenne-Charenton.

— **Lyon.** — Une nouvelle ligne de tramway vient d'être construite et son exploitation a commencé cette semaine.

Cette ligne part du pont Tilsitt, suit le quai Fulchiron, passe par la montée de Choulans et aboutit à Saint-Just. Elle forme le prolongement du tramway de Sainte-Foy et du tramway du Point-du-Jour et de Francheville.

Les voyageurs de ces localités peuvent donc s'embarquer directement au pont Tilsitt. Les départs du pont Tilsitt seront fixés toutes les vingt minutes.

— **Rouen.** — L'état d'avancement des travaux de la ligne de Bonsecours donne à croire que sa mise en exploitation n'est plus que l'affaire de quelques semaines. En ce moment on achève les voies de garages entre Rouen et Bonsecours, et vers le milieu de janvier sera commencé, paraît-il, le prolongement de la ligne depuis l'usine de Bonsecours jusqu'au Mesnil-Esnard.

Quant à la construction de l'usine, elle est en bonne voie d'achèvement. La remise est toute prête à recevoir les neuf voitures qu'elle est destinée à abriter; cette remise, qui a 25 m de longueur sur 10 de largeur, est de dimensions suffisantes pour ce matériel, et pourra aisément être agrandie si les besoins de l'exploitation le demandent.

La salle des machines (24 m sur 15) est en train de se meubler; elle renferme deux moteurs à vapeur de la force de 200 chevaux chacun; on procédera bientôt à la pose des dynamos.

Immédiatement à côté est le bâtiment des chaudières. Celles-ci, au nombre de deux, sont du système Babcock et Wilcox.

Derrière ces salles sont les bassins d'alimentation, si vastes qu'on peut s'y promener en barque. Le long du principal sont disposés les appareils destinés à refroidir l'eau de condensation.

Tel est l'état actuel des installations; il ne reste

plus ainsi que peu de chose à faire pour que l'usine électrique soit en état de fonctionner. On parle du mois de mars comme la limite extrême de l'ouverture de la ligne à l'exploitation.

Une enquête est ouverte sur la demande présentée par M. Mancini, directeur de la Compagnie des tramways de Rouen, tendant à obtenir la concession d'une ligne de tramways à traction par fil aérien, entre le terminus de la ligne actuelle de Maromme et la place de la mairie de Notre-Dame-de-Bondeville.

Eclairage électrique. — Aime (Savoie). — L'inauguration de l'éclairage électrique d'Aime a eu lieu la semaine dernière.

— **Anzin (Nord).** — M. Basquin a été déclaré adjudicataire de l'éclairage public d'Anzin (gaz et électricité) pour une période de 40 ans à partir du 1er janvier 1900.

Le concessionnaire de l'éclairage au gaz devra établir à ses frais, dans un délai de trois ans, c'est-à-dire avant le 31 décembre 1901 : 1° une ou plusieurs usines, destinées à la production de l'électricité ; 2° un réseau de câbles sur la voie publique et par conséquent aériens ou souterrains, pour la distribution des courants électriques destinés à l'éclairage public de la ville et des particuliers.

L'électricité sera fournie au compteur et les prix maxima seront les suivants : un franc le kilowatt-heure pour les particuliers et soixante-quinze centimes pour la ville.

Le prix de un franc pour les particuliers ne comprend que la fourniture du courant électrique.

Dans le prix de soixante-quinze centimes pour la ville sont compris, outre le courant électrique, la fourniture et la pose des appareils, des crayons électriques pour lampes à arc, ainsi que les frais d'allumage, d'extinction, de nettoyage, de peinture, d'entretien et des réparations de toute nature.

— **Harfleur (Seine-Inférieure).** — Communication a été faite au conseil d'une lettre d'une Société belge proposant l'installation de l'éclairage électrique suivant certaines conditions. Le maire a été prié de demander à ladite Société divers détails techniques.

— **Nogent-le-Rotrou (Eure-et-Loir).** — Nous apprenons qu'une Compagnie est en instance pour obtenir l'autorisation d'établir à Nogent une station électrique pour la transmission de force motrice à domicile, à l'usage des petites industries, et l'éclairage de la ville et des maisons particulières.

La chute du moulin Lecomte fournirait la force motrice nécessaire, et les entrepreneurs auraient acquis en outre l'usine Verdun, quartier Saint-Denis.

— **Pernan (Russie).** — La ville de Pernan est sur

le point de transformer son éclairage au pétrole en éclairage électrique.

— **Saint-Amans-Valtoret (Tarn).** — La commune de Saint-Amans-Valtoret est depuis peu éclairée à l'électricité.

Cette innovation heureuse est encore assez rare dans le département pour mériter d'être signalée.

Une chute d'eau de quarante mètres, prise dans la rivière du Thoré, qui borne la commune à 3 km au nord, actionne une dynamo qui porte la lumière dans les rues de la ville et bientôt la donnera à Saint-Amans-Soult, à Albine et à Labastide-Rouairoux.

Adjudications, avis, offres et demandes.

— **Cebreros (Espagne).** — Des soumissions sont demandées par la municipalité pour l'éclairage par l'électricité pendant une période de 15 ans pour la ville de Cebreros (Avila).

— **Paris.** — Une grande usine électrique de premier ordre cherche un représentant actif et connu pour la vente de ses produits en France et pour les colonies françaises.

Prière d'adresser les offres et références par écrit à M. Paul Uckermann, 5, cité Trévise, à Paris.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES

AE	American Electrician (New-York).
A T	Annales télégraphiques.
B S E	Bulletin de la Société d'Encouragement.
D E L	Die Elektrizitæt (Leipzig).
E	Engineering (Londres).
E am	The Engineering and Mining Journal (New-York).
E C	L'Electrochimie.
E En	The Electrical Engineer (New-York).
El	The Electrician (Londres).
Elé	L'Electricien.
E Ls	L'Elettricista (Rome).
E M	The Engineering Magazine (New-York).
E N A	Elektrotechnischer Neuigkeits-Anzeiger (Vienne).
E R	Electrical Review (Londres).
E T R	Elektrotechnische Rundschau (Francfort-sur-Mein).
E T Z	Elektrotechnische Zeitschrift (Berlin).
E W	The Electrical World (New-York).
Gc	Le Génie civil.
I C	Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France.
Ie	L'Industrie électrique.
I E C	L'Industrie électrochimique.
I I	Industries and Iron (Londres).
J EE	Journal of the Institution of Electrical Engineers (New-York).
J P	Journal de Physique.
J T	Journal télégraphique (Berne).
N C	Il Nuovo Cimento (Pise).
P C R	Journal de la Société physico-chimique russe (Saint-Pétersbourg).
P M	Philosophical Magazine (Londres).
P S L	Proceedings of the Physical Society of London.
Rgds	Revue générale des Sciences.
Ri	Revue industrielle.
R L	Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei (Rome).
R M	Revue de mécanique.
R N	Rendiconti dell'Accademia di Napoli.
S A	Journal of the Society of Arts (Londres).
Sie	Bulletin de la Société Internationale des Electriciens.
S R J	Street Railway Journal (New-York et Chicago).
S S P	Société française de physique.
T P	Revue des Transports parisiens.
U E	Bulletin des Usines électriques
Z E C	Zeitschrift für Elektrochemie (Halle).
Z E T	Zeitschrift für Elektrotechnik (Vienne).
W A	Annalen der Physik und Chemie de G. et E. Wiedemann (Leipzig).

Théorie.

Sur la variation de la constante diélectrique du caoutchouc par la traction ; Corbino et Cannizzo (R L, p. 286, 20 novembre).

Effet du silicium sur la perméabilité magnétique du fer ; F.-C. Caldwell (E W, p. 619, 10 décembre).

Expériences sur le magnétisme ; E. Schmidt (ZEC, p. 249, 1er déc.).

Sur la propriété de décharge des rayons X ; Villari (R L, p. 261, 20 novembre).



Sur une note du professeur de Heen, de Liège : quelques observations sur les radiations infraélectriques et sur les expériences de M. E. Villari ; Villari (R L, p. 272, 20 novembre).

Sur une action nouvelle subie par la lumière traversant une vapeur métallique soumise à un champ magnétique ; Macaluso et Corbino (R L, p. 293, 20 novembre).

Sur une forme de l'élément de pile galvanique le plus usité ; Emil Petersen (Z E C, p. 261, 1er décembre).

Sur la théorie de la composition des amalgames de métaux alcalins ; Aug. Schœller (Z E C, p. 259, 1er décembre).

Quelques explications sur le phénomène de Gorges et la connexion en cascade ; Friedrich Eichberg (Z E T, p. 591, 11 décembre).

Génération et distribution.

Moteurs thermiques et hydrauliques. — Sur l'utilisation des forces naturelles pour la production de l'énergie électrique et sur l'installation et l'exploitation des stations centrales hydrauliques ; C. Arldt (E T R, p. 71, 15 décembre).

La suppression des fumées (I I, p. 548, 23 décembre).

La question des fumées à Londres (E R, p. 885, 16 décembre).

Sur les destructeurs d'ordures pour la génération de l'électricité (E R, p. 849 et 856, 9 décembre).

Utilisation des gaz des hauts fourneaux (Ri, p. 516, 24 décembre).

Réchauffeur détartreur des eaux d'alimentation (E R, p. 867, 9 décembre).

L'application de la vapeur surchauffée (E R, p. 857, 9 décembre).

La surchauffe de la vapeur et ses applications ; Paul Schou (El, p. 258, 16 décembre ; E, p. 797, 16 décembre).

Régulateurs de machines à vapeur ; John Davidson (E R, p. 889, 16 décembre).

Machines à vapeur Sulzer frères pour installations électriques (E R, p. 852, 9 décembre).

Dynamos et moteurs électriques. — Généralités sur les machines dynamo-électriques ; M. Aliamet (Elé, p. 413, 24 décembre).

Générateurs électriques ; H.-F. Parshall et H.-M. Hobart (E, p. 803, 23 décembre).

Sur la production des étincelles dans les machines à courant continu ; J. Fischer-Hinnen (E T Z, p. 850, 22 décembre).

Machines à courant alternatif ; Edwin-J. Houston et A. Kennelly (E W, p. 627, 10 décembre.

Convertisseurs rotatifs ; Silvanus-P. Thompson (E R, p. 881 et 917, 9 et 16 décembre).

Piles et accumulateurs. — Pile Jacques (Gc, p. 108, 17 décembre).

Accumulateurs Valls pour automobiles ; A. Z. (Ie, p. 523, 10 décembre).

Automobile club de France. Programme officiel du concours international d'accumulateurs (Ie, p. 521, 10 décembre).

Distribution.

Transmission d'énergie à haut voltage ; Chas.-F. Scott (E W, p. 592, 3 décembre).

La transmission à longue distance par l'électricité de la puissance motrice de la vapeur ; Ralph-D. Mershon (AE, p. 527, décembre).

Sur le système actuellement employé de distribution des courants alternatifs mono et polyphasés sur les réseaux ; Thomas Marcher (E T R, p. 66, 15 décembre).

Sur le redressement des courants alternatifs par l'emploi de soupapes électriques ; Ludwig Kallir (Z E T, p. 602, 18 décembre).

Sur les câbles de réseaux à courants alternatifs ; H. Andriessen (E T Z, p. 834, 15 décembre).

Stations génératrices et installations. — La station génératrice hydraulique de Paderno ; G. Semenza (El, p. 255, 16 décembre).

La station génératrice de la Compagnie Edison à Brooklyn (E W, p. 579, 3 décembre).

La station électrique de Fécamp (Elé, p. 401, 17 décembre).

Usine électrique à vapeur de Grenade (Espagne) ; R.-B. Ritter (Gc, p. 113, 24 décembre).

L'usine de transmission d'énergie de la Cataract Power company, Hamiton Ontario (E W, p. 620, 10 décembre).

Les usines de la General Electric Company à Schenectady ; Gallus (Elé, p. 401, 17 décembre).

L'installation d'éclairage électrique de Royal Agricultural Hall, Islington (E R, p. 865, 9 décembre).

Les installations de la Elektricitaets Aktiengesellschaft de Nuremberg (E, p. 773, 16 décembre).

Les installations municipales d'éclairage électrique de Hull et Folkestone (E W, p. 585, 3 décembre).

Les installations électriques de Carlisle (El, p. 294, 23 décembre).

Les installations électriques d'éclairage et de traction de Cork (El, p. 289, 23 décembre).

Les installations électriques municipales au point de vue commercial ; Alfred-H. Gibbings (El, p. 267, 16 décembre).

Avantages économiques des courants alternatifs dans les stations centrales ; T.-H. Meston (E W, p. 597, 3 décembre).

Rapports d'usines électriques (El, p. 298, 23 décembre).

Appareillage. — Câbles à haute tension (E T Z, p. 852, 22 décembre).

Nouveau coupe-circuit (E R, p. 887, 16 décembre).

Types américains de parafoudres ; Henry-E. Raymond (A E, p. 536, décembre).

Applications mécaniques.

Installations électriques et mécaniques de la Commerce Realty Company Saint-Louis, Mo (E W, p. 623, 10 décembre).

Installations électriques dans une imprimerie ; George-A. Damon (I I, p. 558, 23 décembre).

Installations électriques au théâtre (E, p. 834, 23 décembre).

Transmission d'énergie à la manufacture Fuller, à Hammersmith (El, p. 272, 16 décembre).

Les installations électriques du cuirassé américain l'Oregon ; Alex.-J. Dickie (A E, p. 533, décembre).

Traction.

Conduites pour câbles d'alimentation de tramways à New-York (S R J, p. 774, décembre).
Construction des caniveaux pour la Third Avenue railway company de New-York (S R J, p. 791, décembre).
Moteur de traction G. E. 57 B. (S R J, p. 818, décembre).
Rapport sur les moteurs de tramways (S R J, p. 803, décembre).
Les tramways électriques de Lausanne ; C. du Riche-Preller (E, p. 769, 16 décembre).
Les tramways électriques en Norvège et en Danemark ; V.-Faber Madsen (S R J, p. 801, décembre).
Les tramways de Glasgow (S R J, p. 797, décembre).
Tramways électriques de Blackpool (S R J, p. 795, décembre).
Tramways entre Anderson et Marion, Indiana (S R J, p. 771, décembre).
La traction par accumulateurs à Hanovre (E R, p. 919, 16 décembre).
Expériences sur la consommation d'énergie des tramways électriques ; P. Gasnier (Ie, p. 524, 10 décembre).
Quelques problèmes présentés par les chemins de fer suspendus, leur solution (S R J, p. 755, décembre).
La Union Elevated railway de Chicago (S R J, p. 766, decembre).
La traction électrique sur le prolongement de la ligne d'Orléans dans Paris ; Volta (Gc, p. 107, 17 décembre).
Extension du City and south London Railway (E R, p. 901, 16 décembre).
Système du troisième rail sous le tunnel de la Baltimore and Ohio railroad (S R J, p. 794, décembre).
La traction électrique sur le chemin de fer de Wannsee (Z E T, p. 499 et 605, 11 et 18 décembre).
Le chemin de fer électrique de la Jungfrau (D E L, p. 586, 10 décembre).
L'électrolyse des conduites d'eau et de gaz par les courants vagabonds ; J.-A. Fleming (E T Z, p. 835, 15 décembre).
Quelques idées erronées sur les dangers de l'électrolyse ; A.-B. Herrick, (S R J, p. 775, décembre).
Electrolyse des conduites d'eau en fonte de fer à Dayton, O. ; Harold-P. Brown (S R J, p. 785, décembre ; E W, p. 628, 10 décembre).
Les fiacres électriques de la Compagnie générale des Voitures à Paris ; Th. B. (T P, p. 153, 15 décembre).
L'électromobile Woods (E W, p. 635, 10 décembre).
La traction électrique sur les canaux (E R, p. 854 et 888, 9 et 16 décembre).

Télégraphie et téléphonie.

Une visite au bureau télégraphique de Rome (E Ls, p. 284, 1er décembre).
La pose des câbles sous-marins ; L. Moreval (Gc, p. 100 et 117, 17 et 24 décembre).
Le système de télégraphie sans fil du professeur Lodge (E R, p. 869, 16 décembre ; El, p. 269, 16 décembre ; II, p. 527, 16 décembre).
Perfectionnements dans la télégraphie sans fil ; Oliver Lodge (El, p. 305, 23 décembre).
Télégraphie au moyen de la lumière ultra-violette ; H. Zickler (El, p. 271, 16 décembre).
Combinaison d'un circuit télégraphique à appareils Morse avec un circuit téléphonique ; O. Canter (E T Z, p. 836, 15 décembre).
Double utilisation des fils téléphoniques ; Schwensky (E T Z, p. 853, 22 décembre).
Signaux lumineux pour tableaux téléphoniques ; Kempster-B. Miller (El, p. 309, 23 décembre).

Applications thermiques.

Nouveaux appareils de chauffage électrique (S R J, p. 809, décembre).
Fours électriques ; L. Belloc (E Ls, p. 265, 1er décembre).

Éclairage.

Un régulateur à arc simplifié ; P. Letheule (Elé, p. 400, 17 décembre).
Sur les pertes de lumière occasionnées par l'irrégularité du voltage dans les lampes à arc à courants alternatifs ; W. Wedding (E T Z, p. 863, 22 décembre).
A propos des lampes à incandescence ; B.-Luigi Montel (Z E T, p. 594, 11 décembre).
Charbons pour éclairage électrique et autres usages ; F. Jehl (El, p. 301, 23 décembre).
L'éclairage des trains (E R, p. 868, 9 décembre).

Électrochimie.

Le puffisme américain et l'ozone ; E. Andreoli (Elé, p. 411, 24 décembre).
Raffinage et décoloration des sirops de sucre à l'aide de l'ozone, du courant électrique, et par les deux employés simultanément ; Franz Peters (Z E C, p. 265, 1er décembre).
Electrolyseur Le Sueur pour la production du chlore et du carbonate de sodium (Z E C, p. 291, 22 décembre).
L'acétylène ; Vivian-B. Lewes (S A, p. 105, 23 décembre).
La conductivité de l'aluminium ; Edwin-F. Northrup (E W, p. 598, 3 décembre).
Sur le prix relatif du cuivre et de l'aluminium ; John-B.-C. Kershaw (E R, p. 904, 16 décembre).
Traitement électrolytique des minerais de cuivre (I E C, p. 82, novembre).
Du traitement électrolytique des galeries argentifères contenant du zinc (I E C, p. 85, novembre).
Quelques notes sur la fabrication électrolytique de la céruse ; Sherard Cowper-Coles (I I, p. 529, 16 décembre).
Procédé Swinburne pour le traitement des minerais sulfurés (E R, p. 887, 16 décembre).
Conversion de l'acide nitrobenzoïque en nitro benzol par le courant électrique ; C. Schall et R. Klien (Z E C, p. 256, 1er décembre).
Influence de l'électricité sur le développement des végétaux ; Selim Lemstroem (E R, p. 915, 16 décembre).
Les instituts électro-chimiques à l'étranger (Z E T, p. 608, 18 décembre).

Mesures.

Nouveau compteur horaire multiple Cauderay ; M. Aliamet (Elé. p. 395, 17 décembre).
Appareil à lecture directe pour la mesure des pertes de courant ; M. Kallmann (El, p. 303, 23 décembre).
Instruments et méthodes employés pour les mesures relatives à la ligne de transmission à haut voltage à Telluride (E W, p. 636, 10 décembre).
Appareil Otto Zwarg pour l'essai des paratonnerres (D E L, p. 584, 10 décembre).

Divers.

L'électricité et la force hydraulique au congrès national des sociétés économiques (E Ls, p. 279, 1er décembre).
Le prix Galileo Ferraris à l'exposition d'électricité à Turin ; A. Sasserno (E Ls, p. 275, 1er décembre).
Les compagnies allemandes d'électricité (D E L, p. 588, 10 décembre).
L'emploi de l'électricité dans les combats navals (D E L, p. 581, 10 décembre).

La 594e livraison de la **Grande Encyclopédie**, qui vient de paraître, est presque entièrement consacrée à l'article *Navigation*, traité par M. Léon Sagnet au point de vue historique, statistique, législatif et commercial. Nos lecteurs y trouveront des renseignements précis sur les flottes commerciales des différents pays, des tableaux comparatifs de l'état de la marine marchande par pavillon et d'après le tonnage des huit dernières années, des détails sur la situation actuelle de la marine marchande française, sur les lignes et les grandes compagnies de navigation, etc. A signaler également dans la même livraison la biographie du ministre *Necker*, par M. H. Monin, etc.

Envoi franco d'un spécimen de 16 pages contre toute demande affranchie adressée à la Société de la *Grande Encyclopédie*, 61, rue de Rennes, Paris.

BREVETS D'INVENTION

Liste communiquée par l'Office E. Barrault, **58 bis,** ***rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.***

265 658. **Rouvier.** 5 août 1898. — Certificat d'addition au brevet du 7 avril 1897, pour un genre d'appareil imprimeur.
275 799. **D'Auriol.** 29 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 10 mars 1898, pour un interrupteur pour bobines de Rumhkorff.
277 813. **Klotz.** 15 juillet 1898. — Certificat d'addition au brevet du 10 mai 1898, pour garniture antiseptique pour récepteurs téléphoniques.
279 772. **Loppe, Griner et Martin.** 15 juillet 1898. — Dispositif destiné à empêcher les pertes de charges des accumulateurs pendant que leur circuit est ouvert.
279 776. **Meyer.** 15 juillet. — Procédé de fabrication d'une masse isolante.
279 787. **Compagnie de l'industrie électrique.** 15 juillet 1898. — Appareil de démarrage et de réglage de vitesse, avec interrupteur solidaire pour moteurs électriques mono et polyphasés.
279 798. **Deri.** 15 juillet 1898. — Système d'excitation des machines dynamos.
279 802. **Compagnie générale d'électricité de Creil** (Etablissements Daydé et Pillé). 16 juillet 1898. — Groupement de fours électriques avec l'emploi de courants polyphasés.
279 821. **Société française l'accumulateur Tudor.** 16 juillet 1898. — Dispositif amovible pour enlever du fond des bacs des piles primaires ou secondaires de tous systèmes, les dépôts qui s'y forment.
279 822. **Société française l'accumulateur Tudor.** 16 juillet 1898. — Dispositif pour assurer à l'aide d'une batterie d'accumulateurs électriques une charge constante dans les stations de traction ou transport de force aux dynamos génératrices.
279 854. **Walters.** 19 juillet 1898. — Perfectionnement apporté aux lampes ainsi qu'aux commutateurs électriques.

TABLE DES SUPPLÉMENTS

Traction Électrique

Télégraphie et téléphonie.

Éclairage électrique.

Electrochimie.

Compagnies et sociétés d'électricité.

Bibliographies.




UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07500 0383

